

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CMG FABIO MARTINS RAYMUNDO DA SILVA

O FUTURO DAS COMUNICAÇÕES NA MB:

Sistemas digitais para Comando e Controle como
fator de interoperabilidade na Marinha do Brasil

Rio de Janeiro

2015

CMG FABIO MARTINS RAYMUNDO DA SILVA

O FUTURO DAS COMUNICAÇÕES NA MB

Sistemas digitais para Comando e Controle como
fator de interoperabilidade na Marinha do Brasil

Monografia apresentada à Escola de Guerra
Naval, como requisito parcial para a conclusão
do Curso de Política e Estratégia Marítimas.

Orientador: CMG (RM1) Leonardo Faria de
Mattos

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval
2015

RESUMO

Doutrinariamente, a atividade de C² possui um papel preponderante no sucesso de quaisquer atividades militares, sendo as comunicações vitais para as missões militares. O desenvolvimento tecnológico alcançado pela humanidade tem na Tecnologia da Informação um dos seus principais suportes, mas que exige adequada infraestrutura física e lógica de rede digital em qualquer processo de processamento e transmissão de informações. Na era da informação em que a humanidade vive, sistemas digitais permitem que meios militares operacionais troquem informações entre si, sendo considerados imprescindíveis para a realização da atividade de C². Nesse contexto, pode-se dizer que a eficiência e a eficácia dos sistemas digitais estão diretamente ligadas a sua capacidade de conectividade mútua, sem a qual nenhuma comunicação ocorrerá, significando o emprego de sistemas construídos segundo o conceito Comando, Controle, Comunicação, Computadores e Informações, ou C⁴I, já consagrado, aplicado segundo a abordagem de C² chamada Guerra Centrada em Redes. Assim, considerando a relevância do assunto e que a conectividade é uma característica essencial para troca de informações operacionalmente úteis entre sistemas digitais da MB e das demais Forças Armadas singulares empregados nas atividades de C², torna-se necessário que seus processos de engenharia aplicados na sua construção, bem como sua aplicação operacional sigam uma padronização, ou seja, sigam regras básicas únicas de modelagem física (*hardware*) e/ou lógica (*software*) estabelecidas para garantir que esses sistemas digitais sejam um fator de efetiva interoperabilidade nas Forças Armadas. O trabalho realizou o levantamento e a análise de oito recomendações, considerados imprescindíveis de serem adotados nos sistemas digitais para C² da MB, como forma a garantir que o futuro das comunicações na MB sejam sistemas digitais interconectáveis entre si e, também, com os respectivos sistemas digitais das demais Forças Armadas singulares.

Palavras-chave: Comando e Controle (C²); Interoperabilidade; Conectividade; Guerra Centrada em Redes (GCR); Comando, Controle, Comunicação, Computadores e Informações (C⁴I); Tecnologia da Informação (TI); Sistemas Digitais; Padronização; Hardware; Software.

ABSTRACT

Doctrinally, the C² activity has a major role in the success of any military activities, in order to communications are vital for military missions. The technological development achieved by humankind in Information Technology has one of its mainstays, but it requires adequate physical and logic digital infrastructure in any process of processing and transmission of information. In the information age in which mankind lives, digital systems allow operational military means to exchange information with each other and are considered essential for the realization of C² activity. In this context, it can be said that the efficiency and effectiveness of digital systems are directly linked to their mutual connectivity capacity, without which any communication will occur, meaning the use of systems built according to the concept Command, Control, Communication, Computers and information, or C⁴I, already established, applied according to the approach of C² called Network Centric Warfare. Thus, considering the importance of the subject and that connectivity is an essential feature to exchange operationally useful information between digital systems of the MB and the other military individual employees in the C² activities, it is necessary that their engineering processes applied in its construction and operational application follow a standard, ie only follow basic rules of physical modeling (hardware) and / or logical (software) designed to assure that these digital systems are a factor of effective interoperability in the military. This work conducted the survey and analysis of eight recommendations, considered essential to be adopted in digital systems for C² the MB as a way to ensure that the future of communications in the MB are interconnectable digital systems to each other and also, with their digital systems of other unique military.

Keywords: Command and Control (C²); Interoperability; Connectivity; Network Centric Warfare (NCW); Command, Control, Communications, Computers and Information (C⁴I); Information Technology (IT); Digital Systems; Standardization; Hardware; Software.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo conceitual de C ² em uma visão de processo.....	18
Figura 2 - Sistema de controle de malha fechada com realimentação.....	19
Figura 3 - CC ² do SISMC ² nível estratégico e operacional.....	31
Figura 4 - Ciclo OODA.....	33
Figura 5 - Estrutura do SISNC ²	37
Figura 6 – Níveis de Interoperabilidade	44
Figura 7 - Estrutura básica do segmento terrestre do SISCOMIS.....	60
Figura 8 - Estrutura básica da ROD.....	61
Figura 9 - Estrutura básica do segmento espacial do SISCOMIS.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIS	Automatic Identification System
ADSL	Assymetrical Digital Subscriber Line
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BPS	Bits por segundo
CAAIS	Computer Aided Action Information System
CASNAV	Centro de Análise de Sistemas Navais
CBA	Component-Based Architecture
C ²	Comando e Controle
CC	Centro de Comando
CC ²	Centro de Comando e Controle
CC ² Cop	Centro de Comando e Controle do Comando Operacional
CC ² MD	Centro de Comando e Controle do Ministério da Defesa
C4I	Comando, Controle, Comunicações, Computadores e Inteligência
CCOA	Centro Conjunto de Operações Aéreas
CCDN	Centro de Comando do Distrito Naval
CCDHN	Centro de Comando da Diretoria de Hidrografia e Navegação
CCFFE	Centro de Comando da Força de Fuzileiros da Esquadra
CFN	Corpo de Fuzileiros Navais
CODA	Centro de Operação da Defesa Aeroespacial
COE	Centro de Operações da Esquadra
COGAR	Centro de Operações Gerais Aéreas
COMDABRA	Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro
ComOpNav	Comando de Operações Navais
COTS	Commercial Off-The-Shelf
CCRP	Command and Control Research Program
CCTOM	Centro de Comando do Teatro de Operações Marítimas
CCTRAM	Centro de Comando do Controle Naval do Tráfego Marítimo
DCTIM	Diretoria de Tecnologia da Informação da Marinha
DGMM	Diretoria Geral de Material da Marinha
DoD	Department of Defense of USA
EAD	Enlace Automático de Dados

EB	Exército Brasileiro
EMA	Estado-Maior da Armadas
EMCFA	Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas
Etta Mi D	Estrutura Militar de Defesa
FAB	Força Aérea Brasileira
FTP	File Transfer Protocol
GCR	Guerra Centrada em Redes
HUD	Head Up Display
HF	High frequency
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
INTERC ²	Interoperabilidade de Sistemas de C2
IP	Internet Protocol
IpqM	Instituto de Pesquisas da Marinha
IPv4	Internet Protocol version 4
IPv6	Internet Protocol version 6
IPX/SPX	Internet Packet Exchange/Sequence Packet Exchange
JC3IEDM	Joint Consultation Command and Control Information Exchange Data Model
LAN	Local Area Network
LRIT	Long Range Identification and Tracking
MAN	Metropolitan Area Network
MB	Marinha do Brasil
MIP	Multilateral Interoperability Programme
MD	Ministério da Defesa
MPLS	Multi Protocol Label Switching
MSSIS	Maritime Safety and Security Information System
NetBEUI	Network Basic End User Interface
OODA	Observar, Orientar-se, Decidir e Agir
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
PREPS	Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite
RECIM	Rede de Comunicações Integradas da Marinha
RETELMA	Rede de Telefonia da Marinha

RF	Radiofrequência
ROD	Rede Operacional de Defesa
RTPC	Rede de Telefonia Pública Comutada
SAETE	Sistema de Análise de Exercícios Táticos da Esquadra
SAGBD	Sistema de Apresentação Gráfico e Banco de Dados
SDO	Sistema Digital Operativo
SDT	Sistema de Dados Táticos
SECOS	Secure Electronic Couter-CounterMeasure Communications System
SGDC	Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas
SHF	Super High Frequency
SIC	Segurança das Informações e Comunicações
SICONTA	Sistema de Controle Tático Avançado
SIMMAP	Sistema de Monitoramento Marítimo de Apoio às Atividades de Petróleo
SIPLOM	Sistema de Planejamento Operacional Militar
SISCOM	Sistema de Comunicações da Marinha
SISCOMIS	Sistema de Comunicações Militares por Satélite
SISNC ²	Sistema Naval de Comando e Controle
SISTRAM	Sistema de Informações sobre o Tráfego Marítimo
SOA	Service-Oriented Architecture
SOAP	Simple Object Access Protocol
STP	Shielded Twisted Pair
TCP/IP	Transfer Control Protocol / Internet Protocol
TDM	Time Division Multiplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicações
T-RMN	Trans-Regional Maritime Network
UDDI	Universal Description Discovery and Integration
UHF	Ultra High Frequency
UIT	União Internacional de Telecomunicações
UTP	Unshielded Twisted Pair
VHF	Very High Frequency
VoIP	Voice over Internet Protocol

VRMTC/TRMN Virtual Regional Maritime Traffic Centre / Trans Regional Maritime
Network
WAN Wide Area Network

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	PRESSUPOSTOS TEÓRICOS E DOCTRINÁRIOS DE C².....	17
2.1	PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DE C ²	17
2.2	PRESSUPOSTOS DOCTRINÁRIOS DE C ²	26
2.3	O C ² E AS OPERAÇÕES NAVAIS.....	38
3.	INTEROPERABILIDADE.....	39
3.1	PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DA INTEROPERABILIDADE.....	39
3.2	PRESSUPOSTOS DOCTRINÁRIOS DA INTEROPERABILIDADE.....	42
3.3	A INTEROPERABILIDADE E OS SISTEMAS DIGITAIS.....	46
4.	A APLICAÇÃO DA TI NO CONTEXTO DO C².....	47
4.1	INFRAESTRUTURA DE REDES.....	47
4.1.1	Redes de dados.....	47
4.1.2	Meios de Transmissão.....	51
4.2	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO.....	54
4.2.1	Arquiteturas para Sistemas Digitais Interoperáveis.....	55
4.2.2	Modelos de Dados para Sistemas Digitais.....	57
4.3	O TIC NAS FORÇAS ARMADAS BRASILEIRAS.....	58
4.3.1	Infraestrutura Básica de TIC provida pelo MD.....	59
4.3.2	A Infraestrutura Básica de TIC da MB.....	62
4.4	SISTEMAS DIGITAIS APLICADOS ÀS OPERAÇÕES MILITARES.....	63
4.4.1	Sistemas digitais empregados no nível de decisão estratégico.....	64
4.4.2	Sistemas digitais empregados no nível de decisão operacional.....	64
4.4.3	Sistemas digitais empregados no nível de decisão tático.....	65
4.5	SISTEMAS DIGITAIS APLICADOS ÀS OPERAÇÕES NAVAIS.....	66
4.5.1	Sistemas digitais empregados no nível operacional da MB.....	66
4.5.2	Sistemas digitais empregados no nível tático da MB.....	67
4.6	A TIC aplicada ao C ²	68

5.	SISTEMAS DIGITAIS INTEROPERÁVEIS PARA A MB.....	70
5.1	RECOMENDAÇÕES REFERENTES À DOCTRINA DE C ² NA MB.....	71
5.2	RECOMENDAÇÕES REFERENTES À INTEROPERABILIDADE.....	71
5.3	AS COMUNICAÇÕES E OS SISTEMAS DIGITAIS PARA C ²	74
6.	CONCLUSÃO.....	76
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

1. INTRODUÇÃO

Comando e Controle (C²) nas Forças Armadas brasileiras é definido, de acordo com a Política para o Sistema Militar de Comando e Controle (BRASIL, 2013), publicada pelo Ministério da Defesa (MD), como a ciência e arte que trata do funcionamento de uma cadeia de comando. Doutrinariamente, a atividade de C² possui um papel preponderante no sucesso de quaisquer atividades militares, sendo as comunicações vitais para permitir as coordenações necessárias entre comandos e/ou unidades militares, no cumprimento das suas respectivas missões.

Segundo a Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2008), as Forças Armadas devem estar organizadas sob a égide do trinômio monitoramento/controle, mobilidade e presença, bem como devem desenvolver as capacidades de monitorar e controlar o espaço aéreo, o território e as águas jurisdicionais brasileiras. Para isso, devem fortalecer três setores de importância estratégica para o Brasil: o espacial, o cibernético e o nuclear. A referida Estratégia prevê, também, que os setores espacial e cibernético, em conjunto, devem permitir que as Forças Armadas operem em rede.

O desenvolvimento tecnológico atual alcançado pela humanidade tem na Tecnologia da Informação¹ (TI) um dos seus principais suportes, o que, inquestionavelmente, permite uma redução acentuada nos tempos necessários para o manejo de grande volume de dados e informações, desde que, obviamente, existam as devidas condições instrumentais. O emprego da TI exige a implementação de adequada infraestrutura física e lógica de rede digital de dados, para viabilizar qualquer processo de processamento e transmissão de

¹ Segundo Medeiros, Alloufa e Araújo (2011, citado por Turban, McClean e Wetherbe, 2004, p.40), Tecnologia da Informação “diz respeito ao aspecto tecnológico de um sistema de informação. Ela inclui hardware, banco de dados, software, redes e outros dispositivos.”, e que, ainda segundo Medeiros, Alloufa e Araújo (2011, citado por Stair e Reynolds, 1998, p. 11), “um sistema de informação é uma série de elementos ou componentes inter-relacionados que coletam, manipulam, armazenam e disseminam os dados e informações e fornecem um mecanismo de feedback”.

informações., envolvendo o correto dimensionamento e estabelecimento de requisitos comuns de *hardware* e *software* para garantir o funcionamento adequado de qualquer sistema que empregue a TI como instrumento. Nesse contexto, são os sistemas digitais² que permitem aos meios operacionais trocar informações entre si e com seus respectivos comandos superiores.

Nesta era da informação em que a humanidade vive, os sistemas digitais são imprescindíveis para a realização da atividade de C², permitindo a troca de dados e informações entre as unidades operacionais e respectivos comandos superiores de cada Força Armada singular, incluída a Marinha do Brasil (MB), bem como permitir, também, a comunicação entre Forças singulares. Nesse contexto, entende-se que a eficiência e, em alguns casos, a eficácia dos sistemas digitais estão diretamente ligadas a sua capacidade de troca de dados e informações operacionalmente úteis entre unidades militares e/ou comandos militares, o que, em TI, caracteriza-se por uma capacidade de conectividade³ mútua, sem a qual nenhuma comunicação ocorrerá. Trata-se do emprego de sistemas construídos segundo o conceito Comando, Controle, Comunicação, Computadores e Informações (C⁴I)⁴, já consagrado, aplicado segundo a abordagem de C² chamada Guerra Centrada em Redes (GCR)⁵.

Sistemas digitais com conectividade limitada em termos de interoperabilidade⁶ (principalmente com as demais Forças Singulares), já são largamente empregados pela MB,

² Sistemas digitais são dispositivos computacionais desenvolvidos para manipular eletronicamente dados e informações representadas na forma digital (definição do autor).

³ Conectividade é a capacidade que um sistema digital de qualquer tipo possui de comunicar-se (trocar dados) por meio de uma rede digital, ao qual está física ou logicamente ligado (definição do autor).

⁴ C⁴I pode ser entendido como a combinação do uso de computadores com capacidade de comunicação e de disseminação de Informações de Inteligência, de forma a possibilitar a execução do ciclo de C² com a rapidez, a precisão e a oportunidade necessárias para obter as vantagens decisivas adequadas à complexidade crescente da guerra moderna. (definição do autor).

⁵ GCR, segundo Albert, Garstka e Stein (2000), é um conceito de obtenção de superioridade de informações (conhecimentos) operacionais por meio da integração digital de sensores, comandos decisores e meios de engajamento.

⁶ Interoperabilidade, de acordo com a Doutrina para o SISMC² (BRASIL, 2014d), é a capacidade dos sistemas, unidades ou forças de intercambiarem serviços ou informações, ou aceitá-los de outros sistemas, unidades ou forças, e os empregarem sem o comprometimento de suas funcionalidades. Em uma concepção de operação, assegurará que a informação possa fluir entre todos os envolvidos.

provendo o apoio à decisão em todos os níveis de decisão militar, seja o tático, o operacional ou o estratégico. Entretanto, entende-se que o emprego, na MB, de sistemas digitais sem a conectividade adequada para que as informações úteis à tomada de decisão produzidas sejam compartilhadas entre unidades e/ ou respectivos comandos, incluindo com as demais Forças Armadas singulares, terão a sua utilidade comprometida como apoiadores de decisão em um ambiente operacional⁷ em que a Consciência Situacional⁸ e a interoperabilidade são imprescindíveis para o cumprimento da missão de qualquer tipo de operação militar, principalmente as conjuntas⁹.

Assim, considerando a relevância do assunto e que a conectividade é uma característica essencial para troca de informações operacionalmente úteis entre sistemas digitais da MB e das demais Forças singulares empregados nas atividades de C², torna-se necessário que seus desenvolvimentos (processos de engenharia aplicados na sua construção) e/ou sua aplicação operacional sigam padrões únicos, ou seja, sigam regras básicas únicas de modelagem física (*hardware*) e/ou lógica (*software*) estabelecidas para garantir que estes sistemas digitais sejam interconectáveis e efetivamente conectados, a fim de serem um fator de efetiva interoperabilidade nas Forças Armadas.

Este trabalho pretende realizar o levantamento e a análise de um conjunto de requisitos de alto nível considerados importantes de serem adotados pelos sistemas digitais para C² da MB, de forma a garantir que esses sistemas digitais sejam interconectáveis na MB e, também, com os sistemas digitais das demais Forças Armadas singulares. Além disso, o trabalho pretende levantar e analisar, no mesmo contexto, os tipos e meios de comunicações

⁷ Ambiente operacional pode ser entendido como o conjunto das condições aplicáveis a um contexto de operações militares (definição do autor).

⁸ Consciência Situacional, de acordo com a Doutrina para o SISMC² (BRASIL, 2014d), consiste na percepção precisa e atualizada do ambiente operacional no qual se atuará e no reconhecimento da importância de cada elemento percebido em relação à missão atribuída. Quanto mais acurada a percepção que se tem da realidade, melhor a consciência situacional.

⁹ Operações Conjuntas, de acordo com a Doutrina Básica da Marinha (BRASIL, 2014a), são aquelas compreendidas por elementos ponderáveis de mais de uma FA nacional, sob a responsabilidade de um comando único (Comando Conjunto).

adequados a serem empregados para a realização da atividade de C², considerando os sistemas digitais interconectáveis como forma de criar uma estrutura tecnológica adequada de interoperabilidade nas Forças Armadas.

A análise proposta será realizada por meio de uma abordagem estrutural das atividades de C², ou seja, considerando apenas o aspecto de suporte tecnológico de TI às atividades de comunicações, sem preocupação de correlacioná-lo aos demais aspectos basilares da atividade de C², qual sejam, autoridade e processo decisório, por não serem relevantes ao contexto do trabalho.

O assunto C² é amplamente estudado no mundo, principalmente pelos órgãos de segurança e defesa dos Estados mais desenvolvidos. Nesse contexto, entende-se que os estudos conduzidos no âmbito do *Command and Control Research Program* (CCRP) do *Department of Defense* (DoD) dos Estados Unidos da América permitem a melhor compreensão do assunto, principalmente os conceitos relativos a C² desenvolvidos por David S. Alberts e por Richard E. Hayes. Além disso, considerando os avanços na área da computação, outro conceito fundamental para o entendimento de como os sistemas digitais inserem-se na guerra moderna é o de Guerra Centrada em Redes, conforme desenvolvido por David S. Alberts, John J. Garstka e Frederick P. Stein, também no âmbito do CCRP.

O primeiro capítulo será a introdução.

Como segundo capítulo, pretende-se analisar e descrever os pressupostos teóricos e doutrinários aplicáveis ao C², de forma a posicionar esta atividade dentro do contexto das operações militares, principalmente as operações navais.

Como terceiro capítulo, em continuidade, é intenção verificar e descrever os aspectos relativos à interoperabilidade que são aplicáveis aos sistemas digitais, considerando os aspectos teóricos e doutrinários da atividade de C².

Como quarto capítulo, é intenção estudar e discorrer sobre os aspectos técnicos

atinentes à TI que podem dar suporte a um processo de conectividade de sistemas digitais, bem como entender como isto pode ser útil ao processo de C² e de interoperabilidade, considerando o emprego de sistemas digitais.

No quinto capítulo, com os arcabouços teóricos e doutrinários levantados sobre C² e sobre interoperabilidade, bem como os aspectos técnicos sobre TI, aplicados às comunicações militares, pretende-se levantar, definir, analisar e descrever recomendações de requisitos e orientações de alto nível e dos tipos de equipamentos para C² que poderiam ser adotados para o desenvolvimento e aplicação de sistemas digitais para C², de forma a garantir que sejam interoperáveis em um ambiente operacional singular e conjunto, bem como sejam efetivamente interconectados.

O sexto e último capítulo concluirá o trabalho, ressaltando os principais aspectos abordados nos capítulos anteriores, bem como do levantamento e da análise de um conjunto de requisitos de alto nível, relativos ao emprego de sistemas de C² na MB, recomendáveis de serem implementados para garantir os sistemas digitais sejam capazes de serem efetivamente interconectáveis entre si.

2. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS E DOCTRINÁRIOS DE C²

Vivemos hoje o que o consultor de empresas Peter Drucker¹⁰ foi o primeiro a chamar de Era da Informação, período que pressupõe o intrínseco emprego da Tecnologia da Informação (TI) em todas as atividades cujo gerenciamento necessite de amplo conhecimento compartilhado de seu ambiente de empreendimento e, principalmente, muito rápida troca (ou mesmo instantânea) de dados e informações. As operações militares são empreendimentos complexos, cujos aspectos relativos ao seu gerenciamento são específicos, ou seja, o Comando e Controle (C²). O presente capítulo pretende analisar e descrever os pressupostos teóricos e doutrinários aplicáveis ao C², bem como posicionar suas atividades dentro do contexto das operações militares, principalmente as navais.

2.1 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DE C²

C² é definido pelo DoD dos Estados Unidos da América, segundo Alberts e Hayes (2006), como sendo o exercício da autoridade e da direção por um comandante adequadamente designado sobre as forças militares a ele atribuídas, no cumprimento da missão a ele determinada. Nesse contexto, C² deve ser entendido como um processo composto por diversos macroprocessos perfeitamente definidos e que possuem inter-relacionamentos entre suas ações. A fim de melhor visualizar o C² enquanto processo, torna-se importante apresentar um modelo conceitual que o expresse em suas mais básicas atividades, bem como permita entender o fluxo dos relacionamentos entre as ações do processo, de forma que as funções associadas ao C² sejam executadas. Em uma visão de processo, o modelo conceitual apresentado por Alberts e Hayes (2006) na figura 1 permite

¹⁰ Peter Drucker nasceu em 1909, na cidade de Viena, Áustria e é considerado o pai da moderna gestão de empresas.

entender o relacionamento entre as principais ações de uma atividade de C².

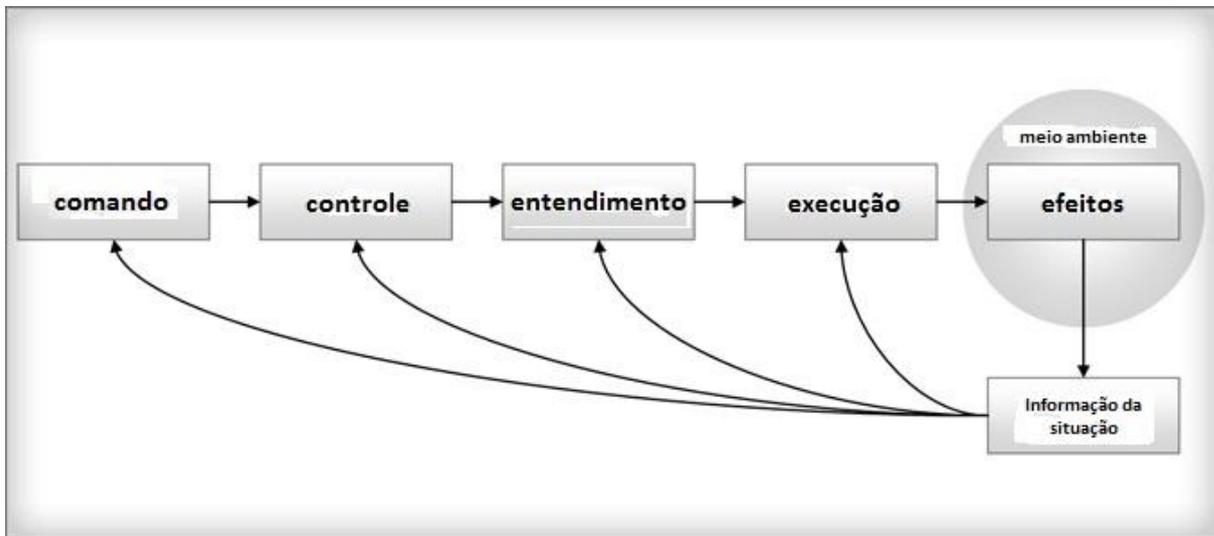


FIGURA 1 - Modelo conceitual de C² em uma visão de processo
Fonte: ALBERTS e HAYES (2006, p.68)

Ainda segundo Alberts e Hayes (2006), a análise do modelo conceitual acima apresentado permite entender C² como um processo, ou seja, uma série de atividades com um propósito fim, em que uma sequência de passos está definida para transformar entradas em saídas e mostrar como as saídas de cada passo alimentam o passo seguinte. Ressalta-se que algumas funções básicas estão associadas ao exercício desses processos de C², qual sejam: Estabelecimento da intenção do decisor; Determinação de responsabilidades dos envolvidos; Estabelecimento de regras e restrições; Monitoramento e avaliação da situação e do progresso do empreendimento; Inspiração, Motivação e formar confiança; Treinamento e adestramento; e Provisionamento.

A fim de permitir uma melhor compreensão do assunto, torna-se necessário fazer um paralelo entre o modelo conceitual de C² acima apresentado e a teoria de sistemas, cujos conceitos básicos deste último permitirão melhor entender os relacionamentos dos macroprocessos do primeiro. Assim, segundo Lotufo (2015), sistema é a combinação de componentes que agem em conjunto para atingir determinado objetivo, em que a entrada é a causa ou excitação aplicado ao terminal de entrada e a saída é o efeito ou resposta ao sinal de

entrada, observado no terminal de saída. No caso do C² enquanto processo, a atividade de C² deve ser vista como um sistema de controle linear de malha fechada com realimentação, conforme exemplificado na figura 2. Trata-se de um sistema de controle onde a realimentação é a propriedade que permite à saída (ou alguma variável controlada do sistema) ser comparada com a entrada.

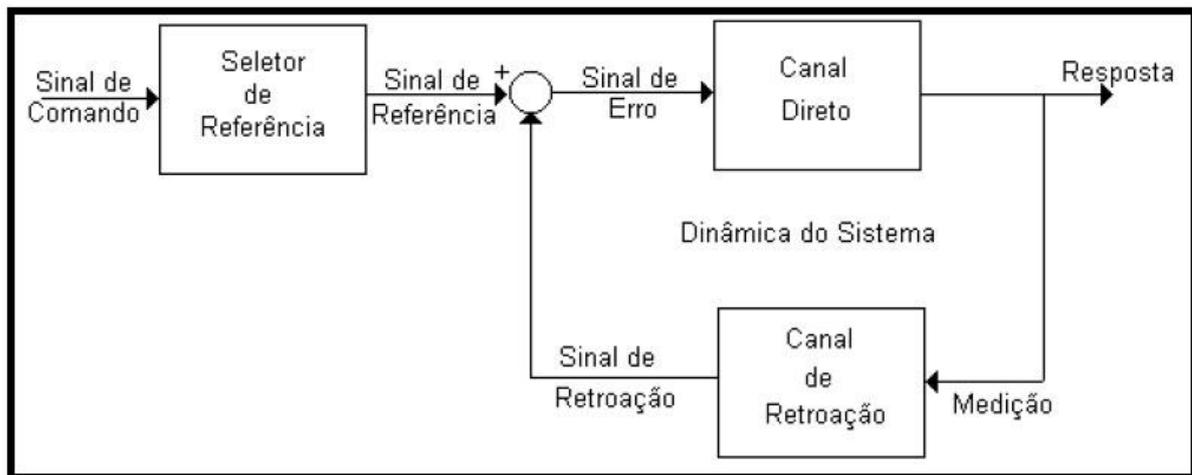


FIGURA 2 - Sistema de controle de malha fechada com realimentação
Fonte: LOTUFO (2015, p.103)

Assim, considerando a teoria de sistemas acima explicada e aplicada ao modelo de C² apresentado por Alberts e Hayes (2006), podemos identificar os macroprocessos Comando, Controle, Entendimento, Execução e Informação da Situação como os componentes do processo de C², cada um com suas respectivas entradas e saídas definidas pela sua posição no processo e que são permeados pelas funções de C² acima definidos. Além disso, esta visão de processo, implicitamente e explicitamente, incorpora uma definição de sequência temporal de atividades, ou seja, o que deve ocorrer e em que ordem.

Nesse ponto, entende-se importante definir cada macroprocesso envolvido no processo de C², conforme desenvolvido por Alberts e Hayes (2006), de forma a tornar seus conceitos perfeitamente identificados e, conseqüentemente, sua contribuição ao sistema.

O macroprocesso Comando define as intenções do decisor (comandante), ou seja, as condições iniciais para o processo (estabelecimento da missão, em termos militares), bem

como atua no resultado das tarefas anteriormente impostas. Inclui as funções básicas de C² Determinação de responsabilidades dos envolvidos e Estabelecimento de regras e restrições, fundamentais para o entendimento da missão.

O macroprocesso Controle verifica se as ações correntes estão no caminho certo, ou seja, estão ocorrendo de acordo com o planejado, permitindo que os ajustes necessários, de acordo com as diretrizes estabelecidas pelo comando, sejam efetuados. Esse macroprocesso está associado à função básica de C² Monitoramento e avaliação da situação e do progresso do empreendimento, sendo que a essência do controle é manter os valores dos elementos específicos da operação (intenções do decisor) dentro dos limites estabelecidos para a missão.

O macroprocesso Entendimento é um processo individual e/ou coletivo por meio do qual os conhecimentos tácitos (experiências pessoais, competência e cultura) são combinados com as informações recebidas em tempo real, permitindo identificar e articular aspectos apropriados à condução da operação militar em curso. Esse macroprocesso envolve quatro capacidades distintas a serem atendidas: Consciência comum da situação; Entendimento congruente e preditivo; Tomada de decisões eficaz; e Clara e consistente intenção do comando.

O macroprocesso Execução, como o nome já diz, abrange os aspectos de execução das ações determinadas, cujos efeitos são decorrentes da ação em si selecionada, de quando e em que condições a ação for tomada, da qualidade da execução e de outras ações conexas. Torna-se importante explicitar que a seleção de quais as ações a executar (e quando) é parte do macroprocesso Entendimento, normalmente resultado de um conjunto de decisões que pode ou não envolver colaboração dos atores do processo de C².

O macroprocesso Informação da Situação deve ser entendido como a propriedade realimentação desse sistema, permitindo que haja controle do processo de C² a partir dos efeitos observados no ambiente operacional.

Ao verificar como cada macroprocesso desse modelo opera, torna-se claro a necessidade de compreender como cada macroprocesso relacionar-se-á com o outro, ou seja, como será feita a sincronização entre eles, considerando a sequência temporal de ações definida no modelo, ou seja, a sequência dos elos da cadeia do processo de C². Nesse contexto, a sincronização entre macroprocessos é dependente da abordagem de C² adotada.

A abordagem de C², segundo Alberts e Hayes (2006), é justamente como a estrutura organizacional operará, sendo depende de três fatores chaves: Atribuição de direitos de decisão, Padrões de interação e Distribuição da informação.

A Atribuição de direitos de decisão relaciona-se com o grau de centralização ou descentralização da estrutura organizacional a ser considerada no processo de C², ressaltando-se que, na era da informação, o ideal seria a autosincronização (ou seja, decisões totalmente descentralizadas), em que pese ser fundamental a existência de uma cadeia de comando bem definida para que todos os elementos daquela estrutura organizacional estejam bem organizados.

Os Padrões de interação relacionam-se com que atores devem receber qual informação e considera três elementos chave importantes para a interação entre os atores da estrutura organizacional: Número e variedade dos participantes; Qualidade do conteúdo da informação trocada; e Qualidade das interações ativadas. Juntos, esses elementos permitirão perceber, em relação ao processo de C², quem está na rede de interação, qual a qualidade de suas informações e de que forma os componentes da estrutura organizacional podem colaborar. Entende-se que, para estabelecer padrões de interação, necessita-se atenção aos aspectos de nível de interoperabilidade existente entre os atores, tipos de mídias disponíveis aos atores, ao nível de colaboração na troca de dados e informações entre atores (o desejável é o trabalho conjunto visando um propósito comum) e o emprego de redes e sistemas digitais em detrimento da comunicação unicamente por voz. Neste sentido, nesta era de informação

em que a humanidade vive, entende-se que o padrão de interação envolverá, obrigatoriamente, o emprego de TI por meio de redes digitais de dados, considerando o elevado nível tecnológico alcançado pela humanidade, bem como as imensas vantagens que este tipo de tecnologia permite.

A Distribuição da informação relaciona-se com a forma como a informação será compartilhada na estrutura organizacional a ser considerada no processo de C², em que a informação deve ser entendida como um dado qualquer colocado em um contexto que reduza a sua incerteza (e a informação torna-se consciência quando processada pelo cognitivo humano). Ainda segundo Alberts e Hayes (2006), na era da informação, as informações devem estar disponíveis para todos os componentes da estrutura organizacional, com a adequada garantia (privacidade, integridade, autenticidade e disponibilidade), para o seu uso no processo de C² (macroprocesso Entendimento). É importante ressaltar que a distribuição da informação é impactada pelos demais fatores chaves (atribuição de direitos de decisão e padrões de interação), na medida de que a sua distribuição é dependente da infraestrutura criada para a tomada de decisão e do entendimento de quem deve receber qual informação. No contexto da informação em si, ente fundamental em um processo de C², é importante considerar que, para que a informação tenha valor, é necessário reduzir as incertezas dos dados que o contextualizam, significando haver a necessidade de preocupação com a qualidade intrínseca dos dados obtidos, bem como com a habilidade de se transformar dados em informação de alta qualidade, ou seja, garantir uma elevada posição da informação. Essa qualificação é definida como Qualidade da Posição da Informação.

A Posição da Informação possui atributos mensuráveis (Riqueza, Alcance, Segurança e Interação), que interagem entre si, criando as condições que moldam o macroprocesso Entendimento, bem como auxiliam na escolha de qual abordagem de C² faz sentido para a estrutura organizacional que é atendida pela atividade de C². O atributo

Riqueza congrega as características dependentes (Exatidão, Consistência, Valor e Precisão) e independentes (Relevância, Integridade, Precisão, Pontualidade, Credibilidade e Confiança) da situação relacionada com a informação, de forma a permitir uma reflexão sobre a sua coesão e utilidade. O atributo Alcance congrega os atributos acessibilidade e compartilhamento, característicos da distribuição das informações obtidas (todas ou só as relevantes) aplicáveis à estrutura organizacional a ser considerada no processo de C², de forma a permitir uma reflexão sobre a agilidade de distribuição e do aproveitamento da informação. O atributo Segurança congrega as ações para a garantia da informação, no sentido de proteger as informações e suas fontes contra ataques, que podem resultar em negação da informação e /ou comprometer a própria informação aos componentes da estrutura organizacional a ser considerada no processo de C². Por fim, o atributo Interação congrega as ações que afetam a propagação da informação entre os componentes de uma estrutura organizacional, sendo importante ressaltar que este atributo influencia na capacidade de compreender a situação e, principalmente, agir de forma sincronizada, considerando que diferentes formatos da informação (dados, textos, voz, gráficos, fotografias, vídeo, multimídia, entre outros) afetam a quantidade de informação que pode ser transmitida num dado período de tempo, bem como o grau e a taxa de sua absorção pelos componentes da estrutura organizacional a ser considerada no processo de C².

A qualidade dos atributos da Posição da Informação afeta, em maior ou menor grau, segundo Alberts e Hayes (2006), a qualidade de execução dos macroprocessos de C², que, por sua vez, afetam a própria qualidade dos atributos da Posição da Informação, significando que se inter-relacionam de forma complexa. Assim, a qualidade do macroprocesso Comando relaciona-se com a qualidade de execução de suas funções básicas, ou seja, com o Estabelecimento da intenção do decisor, com a Determinação de responsabilidades dos envolvidos e com o Estabelecimento de regras e restrições. A qualidade

do macroprocesso Controle (que está associado ao macroprocesso Informação da Situação) relaciona-se com a forma, dentro dos limites estabelecidos pelo comando, como são feitas as alterações nas tarefas e regras estabelecidas, responsabilidades e relacionamentos, bem como as restrições, que estão em vigor. A qualidade do macroprocesso Entendimento relaciona-se com a forma como estão o conhecimento e a compreensão da situação, ou seja, a consciência situacional pelos componentes da estrutura organizacional. A qualidade do macroprocesso Execução (das ações) relaciona-se com a competência, conhecimento e experiência dos componentes da estrutura organizacional a ser considerada no processo de C², e, principalmente, com a agilidade de execução daquela estrutura organizacional. Assim, a preocupação com a qualidade em todos os aspectos do processo de C² repercutirá na agilidade de execução da estrutura organizacional atendida pelo processo de C², sendo que, na era da informação, é essa agilidade a métrica apropriada a ser considerada.

Num contexto de operações militares, os princípios da Guerra Centrada em Rede (GCR) estão alinhados com a garantia de agilidade do processo de C², onde a sincronização de ações em alto grau é o fator fundamental, motivo pelo qual ressalta a necessidade de preocupação com a qualidade da posição da informação e com a qualidade dos macroprocessos de C². A GCR é a abordagem de C², em operações militares, cujo conceito é focado na obtenção de sinergia nas ações do processo de C², como forma a garantir agilidade operacional da estrutura militar considerada. Nesse contexto, torna-se importante ressaltar que o grau de sincronização (que pode chegar à autosincronização) de ações de C² envolve o desenvolvimento de capacidades que se integrem para a realização dessas ações e relacionamentos na estrutura militar.

Segundo Alberts, Garstka e Stein (2000), a GCR é uma forma de incrementar o poder combatente das forças militares por meio do efetivo emprego da interconexão da estrutura militar em rede digital de dados, associado a uma mudança de mentalidade

operacional para a realização das suas operações. Essa abordagem habilita que forças militares em uma ou várias áreas de operações compartilhem, em tempo real, uma consciência situacional mútua, permitindo a exploração da sincronização das ações no cumprimento da intenção do comandante. Permite, ainda, rapidez na disseminação das ordens do comando para a exploração de uma elevada posição da informação, obtida com o seu extensivo emprego. Além disso, a GCR contribui fortemente para o eficiente relacionamento entre os níveis de decisão (estratégico, operacional e tático) da estrutura militar.

Nesse contexto, torna-se necessário explicitar os três principais conceitos chave que caracterizam, segundo Alberts, Garstka e Stein (2000), a GCR, e permitem melhor entender as vantagens de empregar essa abordagem de C², a saber: o emprego disperso das forças militares na área de operação; a capacidade de contínuo conhecimento mútuo das forças militares; e a efetiva operação em rede entre os componentes das forças militares.

O conceito de emprego disperso das forças militares na área de operação é uma característica da GCR relativa à capacidade de elevada sincronização provida pela TIC, aplicada por meio da implementação de redes e sistemas digitais, provendo as condições necessárias de coordenação para um emprego operacional afastado das forças militares que a utilizam, diferentemente do passado, quando a proximidade operacional das forças militares era uma imposição das características da então capacidade de comunicação existente, que dificultava muito a sincronização.

O conceito de capacidade de conhecimento mútuo das forças militares é uma característica da GCR, ao dar as condições necessárias para realizar a sincronização de ações por meio do provimento de uma efetiva consciência situacional, que é derivada do efetivo compartilhamento, em tempo real, das informações operacionais e das intenções do comando.

O conceito de efetiva operação em rede entre os componentes das forças militares é uma característica da GCR, por permitir sinergia entre forças militares, independentemente

do seu afastamento, e permitir que as ações e responsabilidades das forças militares sejam rapidamente redirecionadas enquanto ainda em andamento. Para isso, segundo Alberts, Garstka e Stein (2000), há a necessidade de implementação de uma infraestrutura de informação robusta e de alto desempenho, apoiada em redes digitais de dados e emprego extensivo de equipamentos e sistemas adequados a essa realidade, ou seja, aderentes ao conceito C⁴I.

Ainda segundo Alberts, Garstka e Stein (2000), a GCR tem o poder de promover, por meio da interconexão das forças militares em rede, a colaboração virtual de todos os nós que compõem a rede, criando um poderoso efeito sinérgico que vai além do simples compartilhamento da informação na formação da consciência situacional, por meio do emprego de tecnologias chaves, tais como os sistemas digitais e a videoconferência.

Dessa forma, na era da informação, a análise dos pressupostos teóricos permite identificar a GCR como a abordagem de C² que possibilita a execução do processo de C² com a maior agilidade, precisão e oportunidade necessárias para obter as vantagens decisivas adequadas à complexidade crescente da guerra moderna, independentemente da dispersão das forças militares. Pressupõe o emprego abrangente de redes digitais de dados, mas que só terá valor se todos os sistemas (digitais) de C² da estrutura organizacional atendam ao conceito C⁴I com a devida capacidade de conectividade, ou seja, combinar o uso de computadores interligados em rede com a capacidade de comunicação e de disseminação de informações de inteligência.

2.2 PRESSUPOSTOS DOUTRINÁRIOS DE C²

O C² nas Forças Armadas brasileiras possui seu arcabouço doutrinário previsto em publicações normativas emitidas pelo MD, no âmbito do Estado-Maior Conjunto das Forças

Armadas (EMCFA), bem como as emitidas no âmbito das Forças Armadas singulares, cujos conceitos básicos estão alinhados com os conceitos teóricos apresentados no item anterior, principalmente em relação à abordagem para a realização da atividade de C².

A mais elevada regulamentação doutrinária relativa ao Comando e Controle das Forças Armadas brasileiras, a Política para o Sistema Militar de Comando e Controle (BRASIL, 2013), define C² como a ciência e arte que 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), o processo decisório (baseado no arcabouço doutrinário, que permite a formulação de ordens e estabelece o fluxo de informações necessário ao seu cumprimento) e a estrutura (que inclui pessoal, instalações, equipamentos e tecnologias necessários ao exercício da atividade de comando e controle). A referida publicação, em linhas gerais, ressalta a necessidade primária, nos dias atuais, de garantir a rapidez, a precisão e a oportunidade das atividades de C², como forma de obter as necessárias vantagens decisivas nas operações militares, motivo pelo qual estabelece o emprego de sistemas de Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC)¹¹ como forma de garantir a sincronização, com agilidade, dos processos de C², sem perda da qualidade da informação, por meio de medidas de segurança adequadas.

No âmbito das Forças Armadas brasileiras, o C² é implementado por meio do Sistema Militar de Comando e Controle (SISMC²), que é definido, na publicação referenciada no parágrafo anterior, como o conjunto de instalações, equipamentos, sistemas de informação, comunicações, doutrinas, procedimentos e pessoal essenciais para o comando e controle, visando atender ao preparo e ao emprego das Forças Armadas brasileiras. O SISMC² tem a finalidade de fornecer os recursos de C² necessários ao funcionamento da Estrutura

¹¹ TIC consiste de todos os meios técnicos de TI usados para tratar a informação e auxiliar comunicação.

Militar de Defesa (Etta Mi D), devendo possuir a capacidade de interagir com outras organizações nacionais ou internacionais (militares ou civis). A atividade de C², no âmbito do SISMC², deve observar os seguintes pressupostos básicos: unidade de comando (cadeia de comando bem definida, com comunicações seguras, pessoal bem adestrado e ordens emanadas de um único comandante em cada escalão), simplicidade (emprego racional dos sistemas de C²), segurança (negar ou dificultar o acesso não autorizado à informação), flexibilidade (capacidade de reconfiguração dos sistemas), confiabilidade (credibilidade na capacidade de acesso à informação por existência de redundância de enlaces e sistemas), continuidade (capacidade de operar ininterruptamente por existência de redundância de enlaces e sistemas), amplitude (capacidade de atendimento a toda a área de operações), rapidez (estabelecimento oportuno de enlaces) e integração (capacidade de compartilhamento de informações).

Doutrinariamente, o SISMC² é gerido pelo MD por meio do EMCFA e abrange os sistemas de C² do próprio MD e das três Forças Armadas brasileiras, que devem observar as suas orientações gerais, objetivos e diretrizes. No caso da MB, trata-se do Sistema Naval de Comando e Controle (SISNC²).

No âmbito do SISMC², a fim de orientar as ações que devem ser executadas para garantir a qualidade da informação em um ambiente de TIC, foi publicada, pelo MD, a Política de Segurança da Informação para o Sistema Militar de Comando e Controle (BRASIL, 2014c). Este documento tem o propósito de promover a uniformidade conceitual doutrinária necessária a viabilizar a formação de cultura organizacional de segurança da informação. Para isso, prevê a elaboração de instrumentos normativos que assegurem que as informações que transitem, sejam armazenadas ou processadas no SISMC² contenham os atributos necessários para garantir uma elevada segurança da informação, promovendo-se a

interoperabilidade de soluções de Segurança da Informação e Comunicações (SIC)¹² e a capacitação de pessoal para o necessário desenvolvimento de competência científico-tecnológica no assunto, no âmbito do EMCFA e das Forças Armadas. Em relação à SIC, em um contexto de C², com a finalidade de orientar as atividades cibernéticas¹³ (defesa e segurança) das Forças Armadas realizadas no nível de decisão estratégico, operacional e tático, foi publicada, pelo MD, a Política Cibernética de Defesa (BRASIL, 2012a).

A mais importante regulação doutrinária responsável por orientar a execução da atividade de C² nas Forças Armadas brasileiras, no contexto das operações militares, principalmente as conjuntas, é a Doutrina para o Sistema Militar de Comando e Controle (BRASIL, 2014d), que prevê o SISMC² ser gerido pelo Ministério da Defesa, por meio do EMCFA e, para a execução da atividade de C². Doutrinariamente, o SISMC² deve estar estruturado de modo a possuir os recursos de C² necessários ao exercício do comando, por meio do estabelecimento de um fluxo de informações que permita a obtenção da consciência situacional pelo comandante, a viabilização da transmissão de ordens e a garantia do controle da ação planejada.

A sistemática de emprego conjunto das Forças Armadas prevê, conforme a Doutrina de Operações Conjuntas (BRASIL, 2011a), a existência de quatro níveis de responsabilidade, que também são os quatro níveis de decisão: o Político, o Estratégico, o Operacional e o Tático. O SISMC² deve interligar, por meio da estrutura e dos processos de C², estes quatro níveis. Os recursos de C² (componentes que proporcionam a sua capacidade de C²) do SISMC² devem ser explorados desenvolvendo-se a atividade de C² em Estados-Maiores operacionais, por meio de Centros de Comando e Controle (CC²), estruturados e

¹² Segurança da Informação e Comunicações (SIC) é definido pela Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República do Brasil (BRASIL, 2011b) como sendo as ações que objetivam viabilizar e assegurar a disponibilidade, a integridade, a confidencialidade e a autenticidade das informações.

¹³ Cibernética, de acordo com a Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República do Brasil (BRASIL, 2011b), é um termo que se refere ao uso de redes de computadores e de comunicações e sua interação dentro de sistemas utilizados por instituições públicas e privadas de cunho estratégico. No campo da Defesa Nacional, inclui os recursos informatizados que compõem o SISMC², bem como os sistemas de armas e de vigilância.

configurados para **operarem em rede** e proverem as ligações (permanentes ou temporárias, conforme o caso) entre os escalões superiores, de mesmo nível e subordinados, de forma a permitir o conhecimento, em tempo real, da situação operacional de suas forças operacionais e o fluxo de ordens e de informações para o exercício do comando.

Nos níveis de decisão estratégico e operacional, conforme prevê a Doutrina para o SISMC² (BRASIL, 2014d), devem ser empregados CC² permanentes e temporários para o controle das operações militares. Os permanentes são o CC² do Ministério da Defesa (CC²MD), como órgão central do SISMC², e os dos Comandos de Operações das Forças Armadas, composto pelos CC² do Comando de Operações Navais (CCTOM), da MB, o CC² do Comando de Operações Terrestres (CC²FTER), do EB, e os CC² do Comando Geral de Operações Aéreas (COGAR) e do CC² do Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro (CODA), da FAB¹⁴. Os CC² temporários são os CC² dos Comandos Operacionais ativados (CC² C Op) e os CC² dos Contingentes Brasileiros em Forças de Paz (CC² F Paz). A figura 3 apresenta o inter-relacionamento destes CC². No nível de decisão tático, os CC² subordinados a um mesmo comandante, devidamente interligados, formarão a estrutura de C² desse comandante.

A Doutrina para o SISMC² (BRASIL, 2014d) prevê, também, que as ligações entre elementos de C² devem ser exploradas por meio do emprego da TIC, na constituição de uma estrutura de C² que atendam às Forças Armadas brasileiras, por meio do extensivo emprego de computadores e redes digitais de dados para dar suporte aos processos de C². Isso significa que os CC² devem operar empregando computadores interligados em rede e utilizando sistemas digitais, bem como os demais equipamentos de comunicações que

¹⁴ O Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro (COMDABRA) atua 24 horas por dia na coordenação de missões de defesa aérea. A partir de 2014, passou a atuar também em outros tipos de missão, como transporte de tropa, busca e salvamento, reconhecimento e uso de aeronaves não tripuladas, concentrados no seu novo CC², agora chamado Centro Conjunto de Operações Aéreas (CCOA), em substituição ao CODA e ao COGAR (AGÊNCIA FORÇA AÉREA, 2014). As publicações do MD ainda não foram alteradas.

compõem a estrutura de C² devem ser aderentes ao conceito C⁴I.

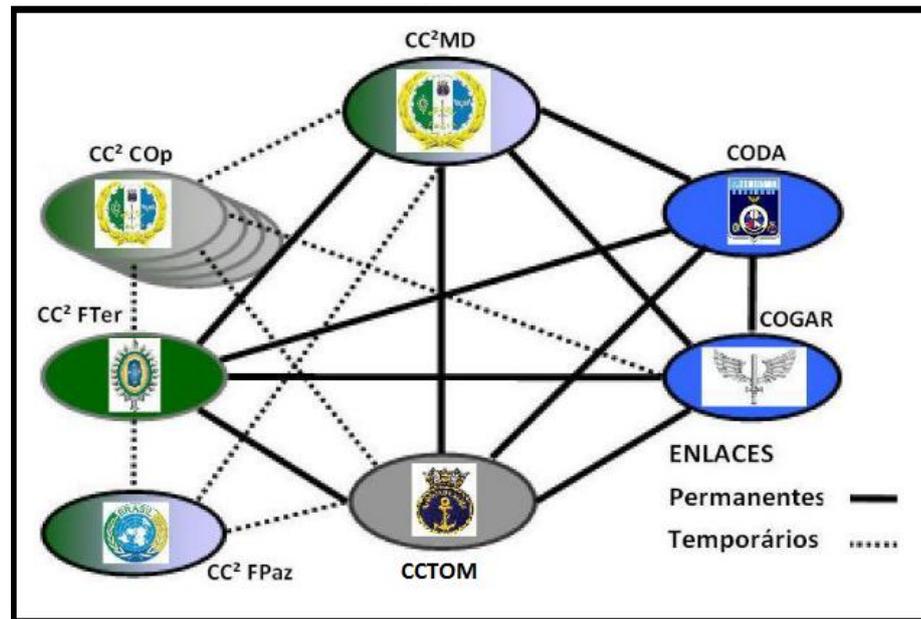


FIGURA 3 - CC² do SISMC² nível estratégico e operacional
Fonte: Doutrina de Operações Conjuntas, Vol.3 (BRASIL, 2011a, p.129)

Assim, as instalações (CC², quartéis gerais e quaisquer outras edificações que abriguem qualquer equipamento ou sistema do SISMC²) devem ser dotadas com equipamentos de telemática (tais como computadores, *switches*, antenas, cabos de transmissão, receptores, transmissores e decodificadores), empregando sistemas digitais de apoio à atividade de C² (tais como apoio a decisão, planejamento, transmissão e acompanhamento de mensagens operacionais, visualização do ambiente operacional, análise e simulação, além de bases de dados operacionais), com conectividade atendida por sistemas e enlaces de comunicações (Rede Operacional de Defesa - ROD, Rede Integrada de Comunicações da Marinha – RECIM, Sistema de Comunicações Militares por Satélite – SISCOMIS e outras redes de transmissão de dados/voz, incluindo a Rede de Telefonia Pública Comutada - RTPC) e apoiadas por sistemas de sensoriamento (plataformas de sensoriamento remoto, radares, entre outros). Assim, os recursos humanos de C² estabelecem a interligação entre os centros operacionais, utilizando uma infraestrutura adequada baseada em sistemas de TIC (principalmente enlaces de dados e sistemas digitais), empregam processos de C² pré-definidos, que permitirão a interoperação dos níveis de decisão.

Ainda de acordo com a Doutrina para o SISMC² (BRASIL, 2014d), a percepção atualizada do ambiente operacional à luz da missão atribuída (ou seja, a consciência situacional) permitirá a tomada de decisão pelo comandante, sendo a informação o recurso vital para isso, considerando tratar-se do resultado do processamento, manipulação e organização de dados obtidos do ambiente operacional. Assim, o domínio proporcionado pela informação é formado por três componentes: o físico, o informacional e o cognitivo. O componente físico são os sistemas de TIC, que viabilizam tecnicamente a condução de operações militares, cujo conteúdo do fluxo de informações é o componente informacional e a percepção (a mente) dos tomadores de decisão é o componente cognitivo. Dessa forma, o emprego da capacidade de C² nas operações militares, considerando o domínio da informação, deverá ser efetuado por meio de processos de C² pré-definidos, que permitirão a consecução da atividade de C² nas Forças Armadas brasileiras.

Os processos de C², doutrinariamente, têm a finalidade de apoiar a tomada de decisão, abrangendo todas as ações necessárias para a condução da atividade de C², considerando os seus componentes basilares (autoridade, processo decisório e estrutura), imprescindíveis ao C². Assim, são processos de C², por exemplo, a construção de consciência situacional e o controle da ação planejada, bem como também o são análises de informações, a emissão de ordens, a emissão de planos, o estabelecimento de diretrizes, a elaboração de sumários, a realização de reuniões de coordenação, entre outros.

Conforme a Doutrina para o SISMC² (BRASIL, 2014d), os processos devem ser realizados por meio de ciclos de C², onde o ciclo OODA¹⁵ é o modelo adotado como

¹⁵ O ciclo OODA, também conhecido como ciclo de Boyd, de acordo com a Doutrina do SISMC² (BRASIL, 2014d), é uma técnica segundo a qual qualquer ação integrante da tomada de decisão é parte de uma de suas quatro fases: Observar, Orientar-se, Decidir e Agir. Observar significa perceber o cenário no qual se deseja atuar. Orientar-se, significa que as percepções coletadas na fase anterior serão condensadas, interpretadas e analisadas num contexto global, formando uma consciência situacional. Decidir significa que o comandante tomará as decisões necessárias, baseado na consciência situacional formada. Agir significa que os comandantes de escalões subordinados transformarão as ordens superiores em ações específicas, alterando a situação do ambiente operacional e exigindo atualização de informações e, conseqüentemente, da consciência situacional, iniciando um novo ciclo de C².

ferramenta de auxílio para a concepção e avaliação desses processos de C². Trata-se de um sequenciamento contínuo de ações, conforme a figura 4, onde as decisões decorrentes de cada ciclo alterarão o cenário do qual se basearam, requerendo a contínua atualização das informações que formam a consciência situacional. A agilidade dos processos de C² é dependente da duração deste ciclo, uma vez que, quanto mais veloz o ciclo gira, mais ágeis serão os processos. Doutrinariamente, a GCR é a abordagem de C² que permite maior sincronização pelas forças militares e, portanto, o giro mais rápido do ciclo OODA.

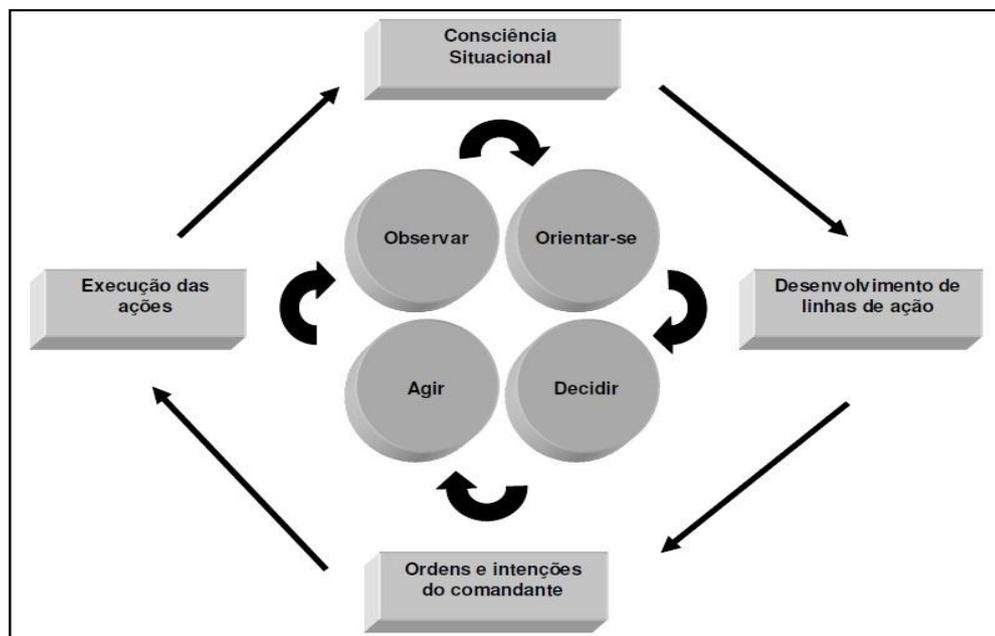


FIGURA 4 - Ciclo OODA

Fonte: Doutrina para o SISMC² (BRASIL, 2014d, p.28)

De acordo com a Doutrina para o SISMC² (BRASIL, 2014d), a GCR, no âmbito das Forças Armadas brasileiras, é caracterizada pela interligação de sistemas (exploração do domínio físico da GCR), pela capacidade de compartilhamento de informações e posições geográficas (exploração do domínio da informação da GCR) e pelo compartilhamento da consciência situacional, sincronização das ações e melhor difusão e entendimento das intenções do comandante (exploração do domínio cognitivo da GCR), que contribuam para o

atingimento da superioridade de informação¹⁶ e da iniciativa das ações, mesmo que as forças militares estejam dispersas geograficamente. A GCR deve ser entendida como um fator de agregação, de rapidez e qualidade ao ciclo de C², bem como de geração de maior poder de combate por meio da sincronização de ações no espaço de batalha¹⁷.

Dessa forma, a análise dos pressupostos doutrinários permite entender que, considerando os aspectos basilares da atividade de C² no âmbito das Forças Armadas brasileiras, a agilidade dos processos de C² deve ser obtida por meio da agregação de rapidez e qualidade ao ciclo OODA, provida pela exploração dos três domínios da GCR, de forma a obter a sincronização das forças militares e, assim, obter as vantagens necessárias ao combate na era da informação.

O C² na MB possui seu arcabouço doutrinário previsto em publicações normativas emitidas pelo Estado-Maior da Armada (EMA), pelo Comando de Operações Navais (ComOpNav), pela Diretoria-Geral de Material da Marinha (DGMM) e pela Diretoria de Comunicações e Tecnologia da Informação da Marinha (DCTIM), considerando estarem estabelecidas em termos de comunicações navais e de TI de forma independente. Nesse contexto, cabe o comentário que a MB estabelece os princípios e diretrizes aplicáveis ao C² em termos de doutrina de comunicações e de doutrina de TI em publicações diferentes, em que pese, nos dias atuais, as atividades de comunicações e TI convergirem em termos de tecnologia e serem tratadas conjuntamente no âmbito do C².

Assim, em um contexto de C², de acordo com a Doutrina de Comunicações da

¹⁶ Superioridade da informação, de acordo com a Doutrina para o SISMC² (BRASIL, 2014d), é a capacidade de fornecer informações pertinentes aos usuários interessados, no momento oportuno e no formato adequado, negando ao oponente as oportunidades de atingi-la.

¹⁷ Espaço de batalha, de acordo com a Doutrina para o SISMC² (BRASIL, 2014d), trata-se de um campo de batalha que não está limitado a um espaço físico contíguo, mas que pode envolver áreas geograficamente distantes e outros ambientes operacionais tais como o cibernético, o eletromagnético e o espacial, bem como pode ser influenciado por ameaças assimétricas e a possibilidade de interação com os modernos meios de comunicações midiáticas.

Marinha (BRASIL, 1999), que trata do Sistema de Comunicações da Marinha¹⁸ (SISCOM), cabe ao ComOpNav, estabelecer os requisitos de comunicações para situação de conflito, bem como verificar os seus atendimentos, ressaltando que as atividades de comunicações devem ser realizadas desde o tempo de paz, visando manter o seu aprestamento. Também num contexto de C², a publicação prevê, ainda, que cabe à DGMM, em coordenação com o ComOpNav e assessorada pela DCTIM, planejar, coordenar e normatizar as atividades de comunicações da MB. Já no contexto da TI, cujos pressupostos doutrinários na MB são definidos pela Doutrina de Tecnologia da Informação da Marinha (BRASIL, 2007), identificam-se como princípios aplicados relativamente ao C², o estabelecimento de uma infraestrutura de TI que permita a conectividade dos meios envolvidos em um teatro de operações e destes com organizações de terra que os possam suprir de informações necessárias à execução das tarefas básicas do Poder Naval, bem como utilização de sistemas digitais, para permitir o compartilhamento de conhecimento e de informações entre os meios envolvidos em um teatro de operações, buscando uma consciência situacional compartilhada nos níveis estratégico, operacional e tático.

De acordo, ainda, com a Doutrina de Comunicações da Marinha (BRASIL, 1999), na MB, são requisitos fundamentais atinentes às comunicações navais, válidos independentemente do seu emprego associado da TI, bem como no contexto do C², a confiança (garantia de que as comunicações expedidas alcançarão o destinatário), a segurança (garantia de preservação contra violações ou revelações não desejadas), a rapidez (garantia de encaminhamento em tempo compatível), a flexibilidade (possibilidade de emprego de meios alternativos) e a integração (capacidade de um sistema de comunicações integrar-se a outro), cuja importância relativa de cada um é dependente da atividade de comunicações navais em execução.

¹⁸ O SISCOM, de acordo com a Doutrina de Comunicações da Marinha (BRASIL, 1999), constitui-se no conjunto de meios materiais, recursos humanos e normas, estruturados para o exercício das atividades de comunicações na MB.

Nesse contexto, o ComOpNav tem, conforme previsto no seu Regulamento, a tarefa de orientar e apoiar a atividade de C² no âmbito da MB, incluindo o emprego da TIC nesta atividade, cujo arcabouço normativo é estabelecido por meio das Normas para a Troca de Informações no Sistema Naval de Comando e Controle (BRASIL, 2014b). Esta publicação prevê ser o C², na MB, uma atividade fundamental para as operações militares em todos os níveis de decisão (tático, operacional e estratégico), sincronizando as atividades operacionais e de apoio, bem como permitindo a obtenção e a manutenção da indispensável consciência situacional para as tomadas de decisões adequadas às circunstâncias do ambiente operacional, para a expedição de ordens e o controle de sua execução.

O Sistema Naval de C² (SISNC²) é definido pelo ComOpNav, publicação referenciada no parágrafo anterior, como um conjunto integrado de instalações, equipamentos, comunicações, doutrinas, procedimentos e pessoal essenciais para comandante planejar, dirigir e controlar as ações da sua organização visando atingir uma determinada finalidade, abrangendo, em sua estrutura, os níveis de decisão operacional e tático. A exploração da atividade de C² no SISNC² será realizada por meio de Centros de Comando (CC) principal, secundários, periféricos e eventuais. O CC do Teatro de Operações Marítimo (CCTOM) é o principal, que está ligado diretamente aos secundários, quais sejam, os CC do Comando do Controle Naval do Tráfego Marítimo (CCTRAM), dos Distritos Navais (CCDN), de Operações da Esquadra (COE), da Força de Fuzileiros da Esquadra (CCFFE) e da Diretoria de Hidrografia e Navegação (CCDHN). Os demais CC são os periféricos, que são os ligados aos CC secundários, e os CC eventuais, que são ligados diretamente ao CCTOM. A figura nº 5 apresenta a topologia desses CC.

O emprego operacional da TIC na MB está doutrinariamente previsto na Doutrina Básica da Marinha (BRASIL, 2014a) como ferramenta para o estabelecimento de uma arquitetura de C², tendo como principal característica a geração de um ambiente virtual de

compartilhamento tempestivo da informação em todos os níveis de decisão, a fim de propiciar o aumento da Consciência Situacional Marítima¹⁹.

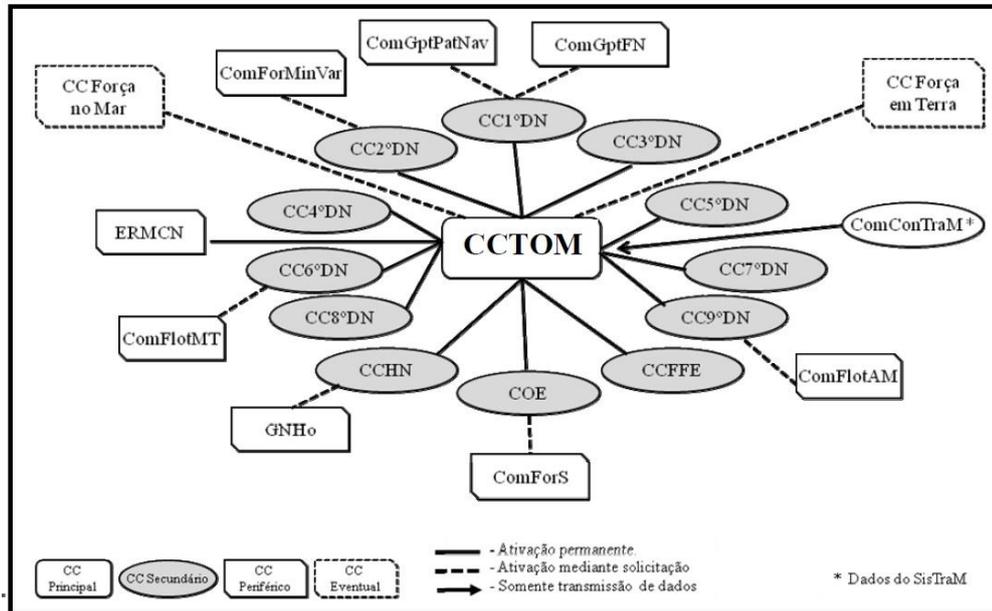


FIGURA 5 - Estrutura do SISNC²

Fonte: Anexo das Normas para a Troca de Informações no SISNC² (BRASIL, 2014b)

A Doutrina Básica da Marinha (BRASIL, 2014a) também prevê o emprego da GCR no âmbito da MB, de forma a contribuir para a obtenção da superioridade da informação, mesmo quando os elementos da força estiverem dispersos geograficamente, devendo o espaço de batalha ser apoiado por uma rede integrada que concorra para aumentar a mobilidade das forças e o conhecimento mútuo, reduzindo e aumentando a qualidade do ciclo de C². Neste contexto doutrinário básico, de acordo com a Doutrina de Tecnologia da Informação da Marinha (BRASIL, 2007), a GCR relaciona-se com uma combinação, em rede, de tecnologias, que envolvem elementos de sensoriamento, de combate e de comando, transformando a superioridade da informação em poder de combate, visando a obtenção do melhor sincronismo entre os elementos de C² e o incremento na velocidade das operações e do processo decisório de comando.

¹⁹ Consciência Situacional Marítima, de acordo com a Doutrina Básica da Marinha (BRASIL, 2014a), é a efetiva compreensão de tudo que está associado com o meio marinho, que pode causar impacto na defesa, na segurança, na economia e no meio ambiente do entorno estratégico, permitindo uma percepção advinda de informações que podem afetar as linhas de comunicações marítimas, a exploração e o aproveitamento dos recursos no mar; o meio ambiente; a soberania nas águas de jurisdição brasileira e a salvaguarda da vida humana no mar na região de responsabilidade de Busca e Salvamento da MB.

2.3 O C² E AS OPERAÇÕES NAVAIS

Considerando os pressupostos teóricos e doutrinários explicitados nos itens anteriores, podemos depreender que a GCR é a abordagem de C² que proporciona a característica mais importante no processo de C², qual seja, a agilidade.

Nesse contexto, os conceitos doutrinários atinentes a C² previstos nas publicações orientadoras do assunto do MD estão alinhados a essa abordagem teórica de C², prevendo o emprego da GCR no âmbito das Forças Armadas brasileiras. Verifica-se, ainda, que os pressupostos doutrinários da MB também estão alinhados com os conceitos teóricos e doutrinários de C² acima explicitados, prevendo o emprego da GCR no âmbito das operações navais.

Dessa forma, a realização de operações navais considerando uma abordagem de C² baseada na GCR impõe a necessidade de existência de infraestruturas de comunicações de alto desempenho para apoiar a estrutura funcional existente, suportadas por redes digitais de dados e emprego extensivo de sistemas digitais conectados em rede e equipamentos de comunicações adequados a essa realidade, ou seja, aderentes ao conceito C⁴I.

3. INTEROPERABILIDADE

No capítulo anterior, a análise dos pressupostos teóricos explicitou a abordagem de C² por meio da GCR como a forma adequada, na era da informação, de execução do processo de C² com a agilidade, a precisão e a oportunidade essenciais à obtenção das vantagens decisivas necessárias à complexidade da guerra moderna, independentemente da dispersão das forças militares.

A análise dos pressupostos doutrinários aplicáveis a C² também explicitaram a GCR como a abordagem a ser aplicada para a realização da atividade de C² nas Forças Armadas. As características da GCR de capacidade de conhecimento mútuo das forças militares, aí incluídas as navais, e da efetiva operação em rede entre os componentes implicam na necessidade da existência de uma infraestrutura de informação robusta e de alto desempenho, apoiada em redes digitais de dados e emprego extensivo de equipamentos e, principalmente, sistemas digitais aderentes ao conceito C⁴I.

O presente capítulo pretende verificar, descrever e analisar os aspectos relativos à interoperabilidade que são aplicáveis aos sistemas digitais, em um contexto de aplicação da GCR como abordagem de C² doutrinária para as operações navais.

3.1 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DA INTEROPERABILIDADE

O que é interoperabilidade? A fim de entender o seu conceito, torna-se importante verificar alguns pressupostos teóricos abrangentes relativos ao assunto. De acordo com o Guia de Interoperabilidade: Manual do Gestor, do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (BRASIL, 2012b), interoperabilidade é uma característica que se refere à capacidade de diversos sistemas e organizações trabalharem em conjunto, de modo a garantir que pessoas,

(as próprias) organizações e (os próprios) sistemas computacionais interajam para trocar informações de maneira eficaz e eficiente.

Entretanto, é importante entender como este conceito deve ser aplicado para gerar vantagens sistêmicas às organizações. Assim, segundo Lallana (2008), podemos entender a interoperabilidade por meio da compreensão de seus três componentes básicos: a Organizacional, a Informacional e a Técnica. A interoperabilidade Organizacional relaciona-se com a colaboração entre organizações para trocar informações, apesar de suas diferentes estruturas e formas de operar, significando a necessidade de existência, entre organizações, de métodos comuns, processos (fluxos de trabalho e tomadas de decisão, principalmente) e serviços (transações) compartilhados. A interoperabilidade Informacional relaciona-se com a garantia da compreensão do preciso significado da informação trocada por qualquer elemento organizacional ou sistema computacional que a receba, permitindo a combinação segura das informações, para processá-las dentro do contexto pertinente. A interoperabilidade Técnica relaciona-se com os aspectos técnicos de conexão de sistemas computacionais ou digitais, com a finalidade de trocar informações ou funcionalidades, envolvendo três aspectos: o estabelecimento de princípios/ normas/orientações para mecanismos de transferência comuns; o desenvolvimento de metadados²⁰ padronizados; e a utilização de linguagens computacionais comuns. Ainda segundo Lallana (2008), a interoperabilidade técnica pode ser categorizada em: Interligação²¹; Integração²²; Acesso à informação e apresentação²³; e Gerenciamento de conteúdo e metadados²⁴.

A interoperabilidade no contexto das operações militares, segundo Sessions e

²⁰ Segundo Hillman (2001), metadados é o conjunto dos atributos necessários para descrever dados ou informações, ou seja, são os dados do dado ou as informações da informação.

²¹ Segundo Lallana (2008), interligação refere-se à comunicação entre sistemas conectados em rede.

²² Segundo Lallana (2008), integração refere-se à troca de dados diretamente entre sistemas distintos.

²³ Segundo Lallana (2008), acesso à informação e apresentação refere-se à apresentação de dados nos meios de acesso.

²⁴ Segundo Lallana (2008), gerenciamento de conteúdo e metadados referem-se aos padrões para recuperar e gerir informações.

Jones²⁵ (1993, citado por Desert Storm Joint Staff, 1982), é a habilidade de sistemas, unidades ou forças militares de prover ou aceitar serviços de outros sistemas, unidades ou forças militares e usar as informações compartilhadas para operar forças militares conjuntamente de forma eficiente e eficaz, ou seja, com a agilidade requerida pelas operações militares. Abrange doutrinas, procedimentos, treinamento e sistemas computacionais, de forma a pessoas, organizações e equipamentos operarem conjuntamente segundo uma ideia de que qualquer unidade em um campo de batalha pode compartilhar informações com qualquer outra unidade do espaço de batalha. Ainda segundo Sessions e Jones (1993, citado por Desert Storm Joint Staff, 1982), em um contexto operacional, a interoperabilidade abrange cinco dimensões: as Doutrinas e Procedimentos, a Tecnologia, a Aplicação, os Dados, e, por fim, os Equipamentos e Sistemas Computacionais. A dimensão Doutrinas e Procedimentos permeará e orientará os processos suportados pelos sistemas. A dimensão Tecnologia proverá os meios (padrões comuns e protocolos) para a troca de informações entre usuários. A dimensão Aplicação proverá o entendimento comum de como as informações, para serem compreensíveis e úteis, devem ser obtidas pela fusão²⁶, processamento e emprego dos dados obtidos/recebidos. A dimensão Dados representam os componentes básicos da informação que serão compartilhados e ou trocados entre sistemas digitais, sem contextualização. Por último, a dimensão Equipamentos e Sistemas proverá o suporte material tecnológico para as demais dimensões, que, na era da informação, deve ser realizado por meio do emprego da TIC, significando a aderência destes equipamentos e sistemas ao conceito C⁴I, ou seja, são digitais, com extensivo emprego de computadores.

Dessa forma, a interoperabilidade, segundo uma visão teórica abrangente, harmonizada às operações militares, para ser aplicada e permitir a troca de informações de

²⁵ *C4I for the Warrior, US Desert Storm*, Joint Staff, June 1992, não publicado.

²⁶ Segundo Sessions e Jones (1993, citado por Desert Storm Joint Staff, 1982) a fusão de dados é o processo de acolhimento e integração de todas as fontes de dados para produzir e disponibilizar um resumo preciso, completo, oportuno, conciso, menos redundante e mais útil, para uma unidade operacional, do que se os mesmos dados fossem recebidos diretamente por aquela unidade operacional.

maneira eficaz e eficiente (ou seja, com a agilidade requerida), necessita ser abordada sob três aspectos básicos gerais comuns e complementares: o organizacional, ou seja, por meio do compartilhamento de métodos (Doutrinas) e processos (Procedimentos); o informacional, ou seja, por meio do compartilhamento de modelos de dados (Tecnologia) que garantam o perfeito entendimento da informação (Aplicação) e, conseqüentemente, o seu processamento conjunto; e o técnico, ou seja, a viabilização da conectividade para operação em rede dos sistemas (Equipamentos e Sistemas), aderentes ao conceito C⁴I, que apoiem uma organização na sua troca de dados. Assim, depreende-se que a abordagem de C² segundo a GCR alinha-se aos pressupostos teóricos de interoperabilidade.

3.2 PRESSUPOSTOS DOUTRINÁRIOS DA INTEROPERABILIDADE

A interoperabilidade é tratada em diversas publicações doutrinárias do MD e da MB, que orientam a atividade de C² no âmbito das Forças Armadas brasileiras considerando à aplicação da GCR como abordagem de C² nas operações militares.

De acordo com a publicação Política para o SISMC² (BRASIL, 2013), os sistemas de TIC devem permear todas as atividades operacionais e de apoio, assegurando um fluxo de informações que direcione e sincronize tais atividades, de forma a contribuir para a obtenção da consciência situacional e da interoperabilidade necessárias ao desenvolvimento das ações nas operações conjuntas e singulares das Forças Armadas brasileiras. Ainda segundo a referida publicação, é uma das orientações para o SISMC² a busca pela interoperabilidade da Etta Mi D, sendo um dos objetivos permanentes o incremento da interoperabilidade dos sistemas e redes de dados componentes do SISMC². Para isso, são diretrizes, para o SISMC², a adoção de modelo de intercâmbio de dados único (como forma de possibilitar a troca de informações), bem como a adoção de arquiteturas que permitam a evolução contínua do

intercâmbio de informações e dos serviços entre os sistemas, além da obtenção de sistemas, equipamentos, dispositivos e serviços que propiciem a interoperabilidade (entendidos como aderentes ao conceito C⁴I).

De acordo com a publicação Doutrina para o SISMC² (BRASIL, 2014d), interoperabilidade é a capacidade de sistemas, unidades ou forças, de intercambiarem serviços ou informações, ou aceitá-los de outros sistemas, unidades ou forças, e os empregarem sem o comprometimento de suas funcionalidades. Nas operações militares, assegurará que a informação flua entre todos os envolvidos. Para isso, doutrinariamente, a interoperabilidade nas Forças Armadas brasileiras deve ser abordada segundo seus componentes: Organizacional, da Informação e Técnica. A interoperabilidade Organizacional trata, por exemplo, da operação por meio de CC², bem como a aplicação de outras doutrinas e procedimentos previstos para cada Força Armada singular brasileira, considerando os aspectos organizacionais de interoperabilidade previstos nas publicações do MD. A interoperabilidade da Informação considera a percepção dos comandantes para a tomada de decisão (domínio cognitivo da informação), provida pelo conteúdo do fluxo de informações que apoiam a consciência situacional (domínio informacional da informação), suportados pela interoperabilidade Técnica, caracterizada pelos sistemas de TIC (componente físico da informação), que viabilizam tecnicamente o fluxo das informações.

No âmbito da MB, de acordo com a Doutrina Básica da Marinha (BRASIL, 2014a), a interoperabilidade é a capacidade de forças militares operarem, efetivamente, de acordo com a estrutura de comando estabelecida, buscando otimizar o emprego dos recursos humanos e materiais das Forças Armadas. A consecução de um alto grau de interoperabilidade está ligada diretamente ao nível de padronização de doutrina, procedimentos, documentação e de material das FA. Ainda de acordo com a Doutrina Básica da Marinha (BRASIL, 2014a), a interoperabilidade é um fator de extrema importância para o sucesso das operações militares,

sejam elas conjuntas ou singulares, como forma de realizar o ciclo de C² mais rapidamente do que o oponente, por meio da capacidade de sistemas, unidades ou forças de intercambiarem serviços ou informações ou aceitá-los de outros sistemas.

Nesse contexto, a interoperabilidade Técnica ganha uma elevada importância para garantir a agilidade dos processos de C² necessária para atender a abordagem segundo a GCR, por se tratar da forma como dois ou mais sistemas digitais trocarão dados entre si. Dessa forma, de acordo com a Doutrina para o SISMC² (BRASIL, 2014d), os sistemas digitais podem ser classificados considerando cinco níveis de interoperabilidade sistêmica, conforme a figura 6 e definições a seguir:

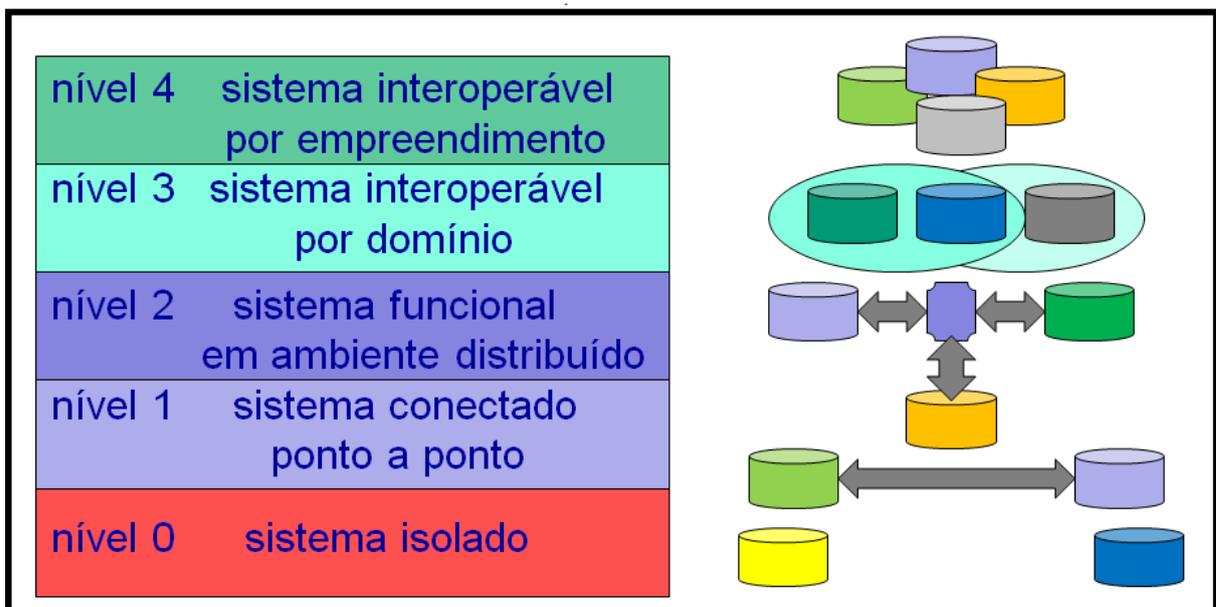


FIGURA 6 – Níveis de Interoperabilidade
Fonte: Doutrina para o SISMC² (BRASIL, 2014d)

- 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;

- Nível 1 - Sistema conectado (ponto a ponto): Sistema digital conectado com outro sistema, de forma bilateral, capaz de transferir e receber informações;

- Nível 2 - Sistema funcional (ambiente distribuído²⁷): Sistema conectado em rede, capaz de transferir e receber informações entre sistemas digitais que possuam modelos de dados²⁸ diferentes, independente de suas respectivas localizações na rede;

- Nível 3 - Sistema interoperável por domínio²⁹ (ambiente integrado³⁰): Sistema conectado em rede, capaz de transferir e receber informações entre sistemas digitais 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 a múltiplos usuários; e

- Nível 4 - Sistema interoperável por empreendimento (ambiente global): Sistema conectado em rede. Todos os dados, informações, domínios, sistemas digitais integrantes são compartilhados. É permitido o acesso a múltiplos usuários, simultaneamente.

Sob um enfoque eminentemente estrutural, a análise dos níveis técnicos de interoperabilidade, permite depreender que sistemas digitais nível 0 não fazem mais sentido na era da informação, por não possuírem capacidade de conectividade, requisito essencial para operar em rede, que é a condição necessária para ser utilizável no âmbito da abordagem de C² sob um contexto da GCR. Em relação à sincronização das ações, um dos fatores chave da atividade de C², a autosincronização, característica desejável em um contexto avançado de GCR, somente pode ser efetivamente alcançada se todos os sistemas digitais empregados no

²⁷ Ambiente distribuído, de acordo com o Vocabulários de Manuais de Software, do Grupo de Pesquisa em Processamento da Linguagem Natural da Pontifícia Universidade do Rio Grande do Sul, é o conjunto de sistemas digitais interligados em rede, mas sem memória compartilhada. O compartilhamento de variáveis e/ou arquivos entre sistemas diferentes é feito por meio de troca de mensagens.

²⁸ Modelo de dados, segundo Proença, Muranho e Prata (2006), é a coleção de pelo menos três componentes: Conjunto de tipos de estruturas de dados (que definem o tipo de dados e como se interrelacionam); Conjunto de operações (que permitem manipular as estruturas de dados definidas); e Conjunto de regras de integridade (que definem que dados são válidos).

²⁹ Domínio, segundo Coronel (2010), trata-se de um grupo de servidores e/ou estações de trabalho cujos respectivos nomes dos computadores e contas associadas estão cadastrados em um banco de dados compartilhado. Isto permite que, independentemente do tamanho da rede, haverá um logon único, a partir de uma lista central de usuários e senhas.

³⁰ Ambiente integrado, segundo De Sordi e Marinho (2007), é o ambiente proporcionado pela combinação das partes dos sistemas digitais que trabalham isoladamente, formando um conjunto que trabalha como um todo, por meio de três principais mecanismos: chamadas (*call interface*), mensagens (*messaging*) e a transferência entre arquivos (*data access/file transfer*).

C² das operações navais forem nível 4, o que impõe um elevado esforço de estruturação de sistemas de C². Entretanto, sistemas digitais de níveis 1 a 3 também permitem a sincronização das operações militares, incluídas as navais, sendo que a agilidade na realização dos processos de C² será tão maior quanto maior for o esforço de interoperabilidade técnica implementado nos sistemas digitais empregados no C², considerando que as demais características da interoperabilidade organizacional e de informação estão atendidas.

3.3 A INTEROPERABILIDADE E OS SISTEMAS DIGITAIS

Considerando os pressupostos teóricos e doutrinários explicitados nos itens anteriores, o atingimento da interoperabilidade, no âmbito das Forças Armadas e no contexto da GCR, propiciará às forças militares, incluídas aí as navais, a capacidade de C² necessárias à obtenção da agilidade adequada para realizar operações nos diversos ambientes, tendo em vista que quanto maior a interoperabilidade entre os elementos componentes, considerando os respectivos aspectos organizacional, da informação e técnicos, maior será o fluxo e a qualidade das informações que proporcionarão uma consciência situacional compartilhada e o entendimento preciso das intenções do comandante.

Dessa forma, depreende-se que sistemas digitais conectáveis são imprescindíveis à obtenção de níveis de interoperabilidade que permitam a sincronização das operações militares, incluídas as navais, uma vez que é a GCR a abordagem de C² entendida como a que proporcionará as condições necessárias à obtenção da consciência situacional essencial ao devido processo de tomada de decisão.

4. A APLICAÇÃO DA TI NO CONTEXTO DO C²

Nos capítulos anteriores, a análise dos aspectos teóricos e doutrinários relativos à atividade de C² e à interoperabilidade, mostrou que a existência de uma infraestrutura de TI com capacidade de prover conectividade adequada a sistemas de C² é característica imprescindível para a obtenção dos níveis de interoperabilidade adequados as atuais necessidades de agilidade de execução das operações militares, aí incluídas as navais, em um contexto de emprego da GCR como abordagem de C².

Assim, o presente capítulo pretende estudar e discorrer sobre os aspectos técnicos básicos mínimos atinentes à TIC que suportam a conectividade de sistemas digitais para C², bem como associar esses aspectos técnicos com as infraestruturas de TI atualmente existentes para apoio à atividade de C² no âmbito do MD, para uso das Forças Armadas, e no âmbito da MB, para emprego nas operações navais, permitindo o entendimento das implicações e as possibilidades de interligações a serem exploradas, bem como entender as possibilidades de inovações nas comunicações navais para garantir a sincronização dos meios na execução das operações militares, incluídas as navais.

4.1 INFRAESTRUTURA DE REDES

4.1.1 Redes de dados

As redes de dados são instrumentos para comunicação. A comunicação ocorre quando uma informação é transmitida entre uma fonte e o usuário que a requisitou, por meio de um canal de transmissão que se tratam justamente das redes digitais de dados (MIRANDA, 2008).

No contexto da TI, uma rede é um conjunto de computadores interligados, incluindo todos os equipamentos necessários a essa interconexão de dispositivos computacionais, de maneira a possibilitar a comunicação de dados. Dispositivos computacionais que se comunicam podem ser estações de trabalho, *switches*, roteadores, moduladores/demoduladores (modem), entre outros, simplesmente chamados de ativos de rede (ou nós). As redes podem ser classificadas em LAN, MAN e WAN. Em uma Rede de Área Local (LAN, em inglês), há a interconexão de dispositivos computacionais para comunicação entre computadores em uma área restrita, compartilhando recursos de hardware, software e informações. Em uma Rede de Área Metropolitana (MAN em inglês), há a interconexão de dispositivos computacionais para comunicação em uma área média (aproximadamente o espaço de uma cidade), constituída de uma ou mais LAN. Em uma Rede de Área Geograficamente Estendida (WAN em inglês), há a interconexão de dispositivos computacionais para comunicação em amplas áreas geográficas (cobertura em nível nacional ou internacional), normalmente constituída por um conjunto de MAN transportando mensagens de um ponto geográfico para outro (MIRANDA, 2008).

Qualquer que seja a classificação de uma rede, o que irá caracterizar a sua eficiência e a sua velocidade é a topologia, ou seja, a sua configuração física e lógica (MIRANDA, 2008).

A topologia física refere-se à forma com que os dispositivos computacionais e os enlaces físicos da rede estão organizados, determinando os caminhos físicos utilizáveis para a comunicação entre dispositivos, ou seja, como estão conectados. A topologia física, basicamente, pode ser em Anel, Barramento, Estrela, Barramento ou Mista. A topologia em Anel consiste de estações conectadas através de um caminho fechado, estando, atualmente, em desuso. Na topologia em Barramento, todos os dispositivos se ligam ao mesmo meio de transmissão, cuja tecnologia aplicada a essa transmissão pode ser por compartilhamento em

tempo ou em frequência. Na topologia em Estrela, todos os dispositivos se comunicam com um dispositivo computacional central (*Host*), por meio do qual os usuários se comunicam entre si. Por fim, na topologia Mista são utilizadas as características de dois tipos básicos de redes (atualmente, normalmente do barramento e da estrela) (MIRANDA, 2008).

A topologia lógica de uma rede refere-se a como será feita a alocação dos recursos da rede para a transmissão de dados pelos diversos dispositivos de rede conectados, ou seja, como será feita a comutação (ou endereçamento) dos dados para a comunicação entre a fonte e o destino. A comutação pode ser por Circuitos, Mensagens ou Pacotes. Atualmente, a comutação de Pacotes é o principal processo de endereçamento, onde cada pacote (unidade de transferência de informação) são individualmente e independentemente encaminhados entre os nós da rede, devidamente identificados. Isto permite que cheguem ao destino independentemente do caminho, na rede, de cada pacote, oferecendo flexibilidade e robustez à comunicação, já que a rede pode reajustar-se em caso de perda de um de seus enlaces de transmissão. As principais tecnologias de comutação por Pacotes estão listadas a seguir, cada uma proporcionando suas próprias vantagens, desvantagens e velocidades de transmissão: o *Internet Protocol* (IP), o *Frame-Relay*, o *Multi Protocol Label Switching* (MPLS), o *Assymetrical Digital Subscriber Line* (ADSL), *ATM (Asynchronous Transfer Mode)* e *TDM (Time Division Multiplex)* (MIRANDA, 2008).

A atual principal tecnologia de comutação de pacotes é o IP. Trata-se de um protocolo de endereçamento onde cada pacote é dividido em duas partes: o cabeçalho e os dados (informação, ou parte dela, a ser transmitida). Cada pacote possui um endereço de destino e um endereço de origem, que permitem ao ativo de rede chamado Roteador³¹ verificar o endereço de destino na rede e encaminhar o pacote para o próximo salto no

³¹ Roteadores são equipamentos distribuídos por toda a rede e interconectados, que fazem a distribuição dos pacotes IP a outros roteadores mais próximos, até chegarem ao destino. A descoberta do caminho é realizada automaticamente pelos Roteadores, baseando-se do anúncio dos endereços de seus vizinhos na rede, descobrindo, assim, os caminhos pelo qual cada pacote deve passar para ser entregue (PISA, 2012).

caminho até o destino final. O endereçamento IP está, atualmente, no mundo, migrando da versão 4 (IPv4) para a versão 6 (IPv6), que implicará em diversas implementações lógicas e substituições de hardware nas redes que empregam este protocolo. O Comitê Gestor da Internet no Brasil já publicou resoluções com recomendações sobre a implantação do IPv6 no Brasil (PISA, 2012).

Torna-se importante, ainda, ressaltar as características de outra tecnologia de comutação de pacotes, a TDM. A principal técnica para realizar o enlace tático de dados entre meios operacionais no nível tático é o *Time Division Multiple Access* (TDMA). Trata-se de um método de compartilhamento de dados que permite a diversos usuários compartilhar um canal de frequência único por meio do uso da transmissão de dados em diferentes períodos de tempo, devidamente sincronizados (chamados *slots*). O TDMA é uma forma de multiplexação por divisão do tempo, que evita haver transmissões simultâneas na rede, garantindo a troca segura das informações entre diversos os SDT. Cada um dos participantes de rede transmitirá seus dados na mesma frequência, porém no seu *slot* (período de tempo designado) (PAWGASAME e SA-AD, 2011).

Qualquer que seja a classificação ou topologia da rede, para a realização da comunicação, haverá a necessidade do estabelecimento de regras e convenções para permitir a conectividade entre dispositivos computacionais, ou seja, de um protocolo de rede. Esse conjunto de regras estabelece como um dispositivo se identifica, quando pode enviar ou receber informações, quanto tempo pode esperar para que cada evento ocorra, e a forma de se desfazer a conexão, ou seja, como os dados serão roteados da fonte ao destino. Os mais utilizados, atualmente, são TCP/IP, IPX/SPX, NetBEUI e WAP. O *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP) é o protocolo de roteamento mais difundido atualmente e adequado a redes WAN. O *Internet Packet Exchange/Sequence Packet Exchange* (IPX/SPX) foi desenvolvido para a conectividade de redes pequenas e médias, com uma capacidade

básica de roteamento. O *Network Basic End User Interface* (NetBEUI) trata-se de um protocolo desenvolvido apenas para LAN pequenas. Por fim, o *Wireless Application Protocol* (WAP) trata-se de um protocolo para redes e aplicações sem fio, desenvolvido para sistemas móveis que necessitem de informações independentemente de sua localidade física. Cabe ressaltar que a escolha do protocolo de roteamento de uma rede irá permitir a adoção de aplicações que empregam este protocolo para suporte a outros serviços, como, por exemplo, a adoção do TCP/IP permitirá o emprego, nesta rede, dos *Hiper Text Transfer Protocol* (HTTP), que permite a utilização de páginas de hipertexto, o *File Transfer Protocol* (FTP), que permite a transferência de arquivos armazenados em um dispositivo computacional remoto (Servidor), o *Voice over IP* (VoIP), que permite a comunicação de voz por meio digital, e a videoconferência, entre outros (MIRANDA, 2008).

4.1.2 Meios de Transmissão

A exploração de canais de transmissão para emprego em redes de dados exige a existência de meios adequados para a transmissão, de forma a oferecer o devido suporte ao fluxo de dados entre dois pontos, estejam eles próximos ou distantes.

O fluxo da comunicação pode ser realizado de três modos, a saber: *Simplex* (fluxo em uma única direção entre a fonte e o usuário), *Half-Duplex* (fluxo em ambas as direções porém em uma direção de cada vez) e *Duplex* (fluxo em ambas às direções simultaneamente). No âmbito das redes de dados, apenas o modo *Duplex* é considerado (MIRANDA, 2008).

A velocidade do fluxo da comunicação na qual os dados são transmitidos por um meio de transmissão, em um determinado período de tempo, é chamado de Largura de Banda,

que é medido, em sistemas digitais, em bits por segundo³² (bps). A largura de banda corresponde à faixa de frequências ocupada pelo sinal modulado sem sofrer distorção, permitindo a transmissão de grande quantidade de dados por unidade de tempo (MIRANDA, 2008).

Os meios de transmissão mais comuns utilizados para comunicação nas redes são Sistemas por Cabo, Sistemas Wireless, Sistemas por Radioenlace e Sistemas por Satélite (MIRANDA, 2008).

Os Sistemas por Cabo são meios de transmissão que são empregados desde a interligação básica local de uma rede até a ligação entre pontos distantes. O chamado Cabeamento de Redes é normalmente realizado para a interligação básica dos dispositivos computacionais em um local específico, por meio de cabo de Par Trançado (não blindado ou blindado) muito difundido, por meio de cabo Coaxial (já em desuso) e por meio de cabo de Fibra Óptica, que podem ser empregados tanto localmente quanto entre pontos distantes. Ressalta-se que cabos de fibra óptica são eficientes elementos de transmissão, que utilizam sinais de luz codificados para transmitir dados, com taxas de transmissão muito mais altas do que nos demais sistemas físicos convencionais (par trançado e coaxial), uma vez que a atenuação das transmissões não dependem da frequência utilizada (MIRANDA, 2008).

Os Sistemas Wireless são meios de transmissão sem fio, utilizando portadoras de radiofrequência (RF) ou infravermelho, para a comunicação de dados entre os pontos da rede. Múltiplas portadoras de RF podem coexistir, sem que uma interfira na outra. A sua principal vantagem é a flexibilidade, sendo ideal para ambientes onde a passagem de cabos é inviável, entretanto, é um ponto sensível à segurança da rede. Num ambiente típico, o dispositivo transceptor ou ponto de acesso (*access point*) é conectado à rede local convencional (com fio),

³² Em TI, bit é a menor unidade de informação que pode ser armazenada ou transmitida. Unidades de medida de velocidade de transmissão: Kbps (Kilobits por segundo = 1.024 bits por segundo), Mbps (Megabits por segundo = 1.024 Kbps), Gbps (Gigabits por segundo = 1.024 Mbps).

fornecendo a comunicação ou intermediando o tráfego com os outros pontos de acesso, permitindo a fácil expansão da rede. (MIRANDA, 2008).

Os Sistemas por Radioenlace são meios de transmissão que fazem uso do espectro eletromagnético, isto é, transmitem os dados por meio de ondas de RF direcionais, permitindo a interligação de redes distantes e onde a taxa de fluxo de dados precisa ser elevada. A tecnologia atual da comunicação de dados utilizando enlace de rádio permite velocidades de transmissão acima de 100 Mega bits por segundo (Mbps) para interligar redes com distâncias de até 30 km por enlace, ressaltando que haverá sempre a dependência de existir linha de visada direta entre as antenas de transmissão e recepção. Nesse caso, a existência de obstáculos que dificultem a visada, tais como prédios ou morros, podendo ser superados com o emprego de unidades repetidoras localizadas entre os pontos a serem conectados (MIRANDA, 2008).

Os Sistemas por Satélite são meios de transmissão que utilizam satélites artificiais de comunicação como meio de transmissão, que possuem a capacidade de cobrir praticamente quaisquer áreas do globo terrestre, a um custo, atualmente, aceitável. Os fatores determinantes para o seu emprego são a possibilidade de atingir pontos onde há inexistência de outros meios físicos de enlace e a flexibilidade de estabelecimento de enlaces de acordo com a necessidade de agilidade de comunicações. O satélite de comunicações é o elemento físico comum de interligação de estações terrenas, atuando como estação repetidora, que, devido a sua altitude, permite a transmissão de sinais diretamente entre duas estações, sem que existam necessariamente pontos intermediários. Um Sistema por Satélite está composto de um Segmento Espacial e um Segmento Terrestre. O Segmento Espacial é composto por um ou mais satélites e pelos equipamentos necessários às funções de suporte e operação dos satélites, tais como telemetria, rastreamento, comando, controle e monitoração. O Segmento Terrestre é composto por estações terrenas de comunicação, ou teleportos, e terminais satelitais de

diferentes tipos, que transmitem os dados de um ponto geográfico para outro. Cada estação terrena e terminais portáteis são providas de antenas adequadas emprego de portadoras de RF nas bandas UHF³³ e SHF³⁴ (normalmente do tipo Cassegrain ou Off Set), com amplificadores de alta potência para transmissão (*Uplink*), amplificadores de RF em SHF de baixo ruído (*Downlink*) e equipamentos de conectividade às redes que serão interligadas por esse meio de transmissão (MIRANDA, 2008).

4.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Sistemas de Informação, segundo Medeiros, Alloufa e Araújo (2011, citado por Stair; Reynolds, 1998), “são uma série de elementos ou componentes inter-relacionados que coletam, manipulam, armazenam e disseminam os dados e informações e fornecem um mecanismo de *feedback*”. Ainda segundo Medeiros, Alloufa e Araújo (2011, citado por Turban; McClean; Wetherbe, 2004), acrescenta-se a essa definição que “os sistemas de informação coletam, processam, armazenam e disseminam informações com um determinado objetivo”. Nesse contexto, os sistemas de informação podem ser classificados em Softwares de Sistema e softwares de Aplicação.

Os Softwares de Sistema, ou Sistemas Operacionais, são sequências de instruções indispensáveis para o funcionamento de um dispositivo computacional, por controlar seus processos e dispositivos internos, bem como, em uma rede, permitir que se comuniquem uns com os outros. Em um ambiente de rede, qualquer que seja o protocolo de rede, desde que seja o mesmo para todos os componentes daquela rede, há a necessidade de ser definida a função e a forma de relacionamento dos dispositivos computacionais que a formam, ou seja, a arquitetura da rede. As arquiteturas atualmente existentes são Rede Cliente/Servidor e Rede

³³ UHF é a sigla para o termo inglês Ultra High Frequency (frequência ultra alta): radiofrequências de 300 Mhz a 3 Ghz, de acordo com a União Internacional de Telecomunicações (UIT).

³⁴ SHF é a sigla para o termo em inglês Super High Frequency (frequência super alta): radiofrequências de 3 a 30 Ghz, de acordo com a UIT.

Ponto a Ponto. A arquitetura Rede Cliente/Servidor, atualmente a mais comum, é a onde existem, como o nome já sugere, dois tipos de dispositivos computacionais básicos na rede: os Servidores e os Clientes. Assim, o processamento da informação é dividido entre manutenção da informação (pelos Servidores) e obtenção dos dados (pelos clientes), ou seja, o Servidor é o responsável por prover a informação e os Clientes são os solicitadores das informações contidas no Servidor. Os Servidores podem ser Dedicados ou não Dedicados, dependendo de serem empregados para uma única tarefa ou não. São exemplos de sistemas operacionais de rede o Windows e o Linux, em suas várias versões. Na arquitetura Ponto a Ponto, todos os sistemas computacionais são Servidores e Clientes, dependendo da atividade que estejam executando no momento da troca de dados (MIRANDA, 2008).

De acordo com a Doutrina de TI da Marinha (BRASIL, 2007), os Softwares de Aplicação, ou Sistemas de Informação Digital, ou, ainda, Sistemas Digitais, são softwares que, utilizando os recursos de TI, efetuam o trâmite, a geração, o desenvolvimento, o processamento ou o arquivamento de informações digitais, constituindo um conjunto de elementos inter-relacionados que executam os processos de informação, a fim de apoiar os processos de tomada de decisão, coordenação, controle, operações e análise.

4.2.1 Arquiteturas para Sistemas Digitais Interoperáveis

No contexto da Engenharia de Software, de acordo com Eden e Kazman (2003), chama-se de Arquitetura de Software a todas as ações relativas à seleção de elementos constitutivos, *interfaces* (interação com outros dispositivos) e respectivas restrições, bem como seleção dos aspectos de modularização, algoritmos, processos e tipos de dados, necessárias a uma solução que satisfaça aos requerimentos do software.

Ainda no contexto da Engenharia de Software, segundo Petritsch (2006), chama-

se Arquitetura de Software a composição de softwares em módulo, sendo que os sistemas de informação atuais são formados por componentes³⁵ de acoplamento livre, ou seja, podem ser utilizados em diferentes softwares, sendo ideais para reutilização, o que permite uma abordagem de “peças de montar interoperabilidade”. Nesse contexto, as principais arquiteturas que permitem isto são a Arquitetura Baseada em Componente (em inglês, *Component-Based Architecture* - CBA) e a Arquitetura Orientada a Serviço (em inglês, *Service-Oriented Architecture* - SOA).

A CBA, segundo Petritsch (2006), estabelece um esqueleto básico que orienta os requisitos estruturais para conexão e organização dos componentes em um software, bem como os requisitos comportamentais para a respectiva colaboração destes componentes. Além disso, a CBA suporta a construção de componentes intercambiáveis por meio de interfaces-padrão. Diversas ferramentas para emprego da CBA em arquiteturas de software são disponibilizadas por diferentes fabricantes (Enterprise JavaBeans e CORBA, por exemplo).

A SOA, também segundo Petritsch (2006), é um processo em que recursos para processamento (com diferentes desenvolvimentos tecnológicos) são disponibilizados aos componentes de um software como serviços independentes (como se fossem “usuários” em uma rede), que são acessados de uma forma padronizada. Atualmente, a implementação da SOA está largamente associado ao emprego dos chamados *Web Services*. Um *Web Service* é um componente funcional acessível, provido por um Servidor de uma rede, a partir de protocolos específicos e padronizados, tais como *Simple Object Access Protocol* (SOAP) e o *Universal Description Discovery and Integration* (UDDI) (COELHO e BERTOLANI, 2008).

Dessa forma, independentemente do tipo de arquitetura empregada, a CBA e a SOA são soluções que permitem que sistemas digitais possam ser construídos ou modificados

³⁵ Componente é um objeto de software, ou seja, um conjunto de instruções codificadas que encapsulam uma ou mais funcionalidades, com entradas e saídas bem definidas e que se destina a interagir com outros componentes, considerando que cada componente possui uma *interface* perfeitamente definida com outros componentes, bem como possui um comportamento funcional comum para todos.

de forma a incrementar as suas capacidades de interoperabilidade.

4.2.2 Modelos de Dados para Sistemas Digitais

Segundo Lara (2014), para que seja possível implementar sistemas digitais interoperáveis eficientes, há a necessidade dos dados que serão trocados entre sistemas digitais possuírem um vocabulário semântico rigorosamente definido e estruturado, expresso por meio de um modelo de dados, desenvolvido e documentado de acordo com uma metodologia. O modelo de dados define os elementos padrões de informação que formam a base para a interoperabilidade entre sistemas digitais.

Segundo Proença, Muranho e Prata (2006), um modelo de dados é uma coleção de dados que possui três conjuntos de características básicas, a saber: estrutura dos dados (define os tipos de dados e como se interrelacionam); operadores (permitem manipular as estruturas de dados definidas) e regras de integridade (definem quais dados são válidos para cada situação). Essa abordagem de modelagem de dados já é empregada há bastante tempo. A primeira geração de modelos de dados foi criada a partir da década de 1960, que ainda hoje são empregados em sistemas legados (exemplos: Modelo Hierárquico e o Modelo em Rede), com a intenção de compartilhar recursos sobre uma rede de informações com múltiplas aplicações autônomas. A partir da década de 1970 foi proposto o chamado Modelo Relacional, que pode ser entendido como a segunda geração de modelos de dados. Atualmente, o modelo entendido como adequado aos requisitos de interoperabilidade é o Modelo *Object - Oriented* (orientado a objetos).

Em operações militares, o emprego de um modelo de dados adequado a uma abordagem de C² de GCR para troca de informações torna-se um imperativo. Nesse contexto, segundo Lara (2013), foi desenvolvido, no âmbito da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN, ou NATO, em inglês), através do *Multilateral Interoperability Programme*

(MIP), por meio do Conselho de Administração MIP-NATO (MNMB) e homologado sob o protocolo NATO STANAG 5525, o *Joint Consultation, Command, and Control Information Exchange Data Model* (JC3IEDM).

O JC3IEDM, ainda segundo Lara (2013), trata-se de um padrão documentado de modelo orientado a objeto, que se destina a representar o núcleo dos dados identificados como informações intercambiáveis em um ambiente de C². Para que isso ocorra, a estrutura do banco de dados deve ser mantida genérica o suficiente para atender a troca de dados nos ambientes aéreos, terrestres e navais (marítimo e águas interiores). Todos os objetos de interesse no âmbito das operações militares são definidos de forma a incluírem organizações, pessoas, equipamentos, instalações, características geográficas, fenômenos meteorológicos e medidas de controle militares, sendo genéricos em termos de classe ou tipo, bem como específicos em termos de itens individuais.

Dessa forma, os modelos de dados são ferramentas imprescindíveis à interoperabilidade de sistemas digitais e, especificamente em relação às operações militares, considerando a GCR, o JC3IEDM é uma ferramenta importante na construção de sistemas digitais interoperáveis no âmbito das Forças Armadas brasileiras.

4.3 O TIC NAS FORÇAS ARMADAS BRASILEIRAS

Como já foi abordado no capítulo 2 desse trabalho, o SISMC² abrange todas as instalações, equipamentos, sistemas de informação, comunicações, doutrinas, procedimentos e pessoal essenciais para o C², em âmbito nacional, visando a atender as necessidades decorrentes do preparo e do emprego das Forças Armadas, abrangendo os sistemas de C² do EMCFA e os pertencentes às Forças Armadas singulares. Neste contexto, torna-se importante entender as infraestruturas e serviços providos pelo MD e pela MB, a fim de entender as

possibilidades e limitações de emprego de cada uma delas nas operações militares.

4.3.1 Infraestrutura Básica de TIC provida pelo MD

O suporte necessário de TI para o estabelecimento de ligações de voz, dados e imagens que integrem e assegurem um fluxo de informações em tempo real entre os CC² do SISMC² no nível estratégico e operacional, em apoio às três Forças Armadas singulares, é provido pela Rede Operacional de Defesa (ROD) e pelo Sistema de Comunicações Militares por Satélite (SISCOMIS), de acordo com a Orientação Técnica nº 001-SC-1.3-MOD1/SC-1/CHOC/EMCFA-MD (BRASIL, 2014e).

A infraestrutura de TIC provida pela ROD e pelo SISCOMIS permite a interligação em rede dos CC², com capacidade de redundância, bem como a disponibilização de serviços de comunicação e bancos de dados para o atendimento das necessidades da atividade de C² das operações conjuntas e singulares das FA. Nesse contexto, cabe ressaltar que o emprego da ROD é orientado com as seguintes premissas: utilizar a estrutura fixa do segmento terrestre do SISCOMIS como canal principal; complementar essa estrutura fixa com os recursos satelitais do SISCOMIS, de acordo com os planejamentos realizados; e empregar as redes de dados das Forças Armadas singulares (RECIM da MB, EBNET do EB e INTRAER da FAB), bem como as de comunicações telefônicas (RETELMA da MB, RITEX do EB e RTCAER da FAB) com a finalidade de complementar a infraestrutura de comunicações do SISCOMIS. Nesse contexto, cabe ressaltar que a ROD foi desenvolvida para prover diversos serviços para C² nas operações conjuntas e singulares das Forças Armadas brasileiras, empregando o SISCOMIS como canal principal de tráfego de dados e as redes digitais de cada Força Armada como canal alternativo, conforme previsto na Orientação Técnica nº 001-SC-1.3-MOD1/SC-1/ CHOC/ EMCFA-MD (BRASIL, 2014e).

Assim, a ROD está estruturada como uma WAN, com conectividade diversificada para longas distâncias no Brasil provida pelo segmento terrestre do SISCOMIS, conforme indicado na figura 7 (que emprega radioenlaces proprietários e fibra óptica proprietária e contratada), e pelo segmento espacial do SISCOMIS (comunicação por satélite), sendo baseados em **endereçamento IP e extenso uso do protocolo TCP/IP**.

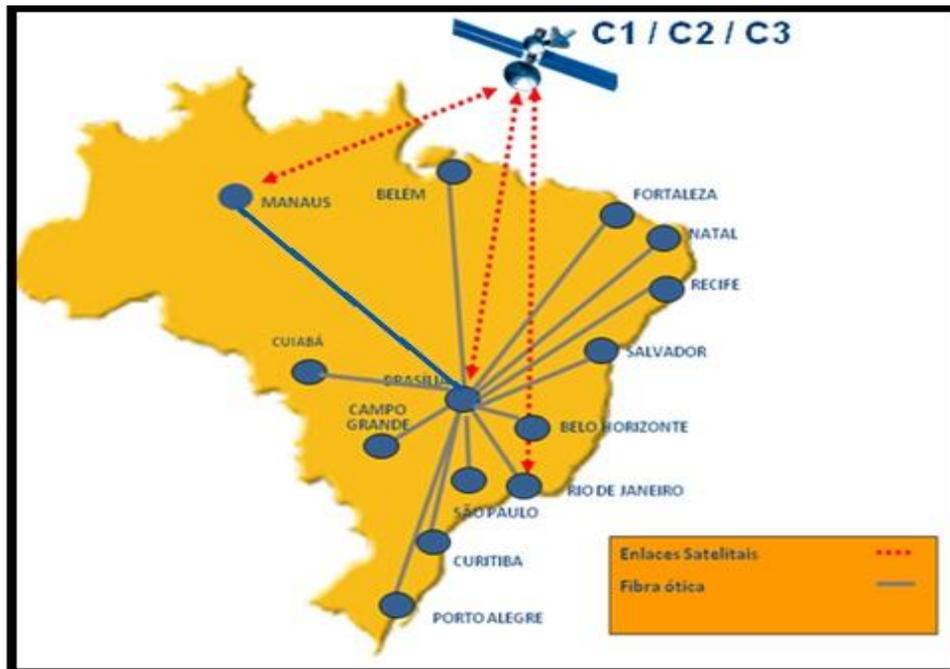


FIGURA 7 - Estrutura básica do segmento terrestre do SISCOMIS

Fonte: ORENTAÇÃO TÉCNICA N° 001-SC-1.3-MOD1/SC-1/CHOC/EMCFA-MD (BRASIL, 2014, p.8)

A ROD possui Centros de TI principal e alternativo, com capacidade de prover serviços operacionais para o C² das operações militares conjuntas e singulares das Forças Armadas, tais com correio eletrônico operacional, videoconferência, VoIP, sistemas de apoio à decisão, hospedagem de sistemas e conectividade com as redes de dados das Forças Armadas. Isto é realizado por meio de Servidores dedicados para cada serviço, gerenciados pelo Ministério da Defesa, cuja estrutura básica está apresentada na figura 8. A conectividade da ROD com a rede de cada Força Armada singular é feito por meio de Roteamento de Borda, técnica que permite a interconexão de redes sem a perda da capacidade de controle individual de suas redes.

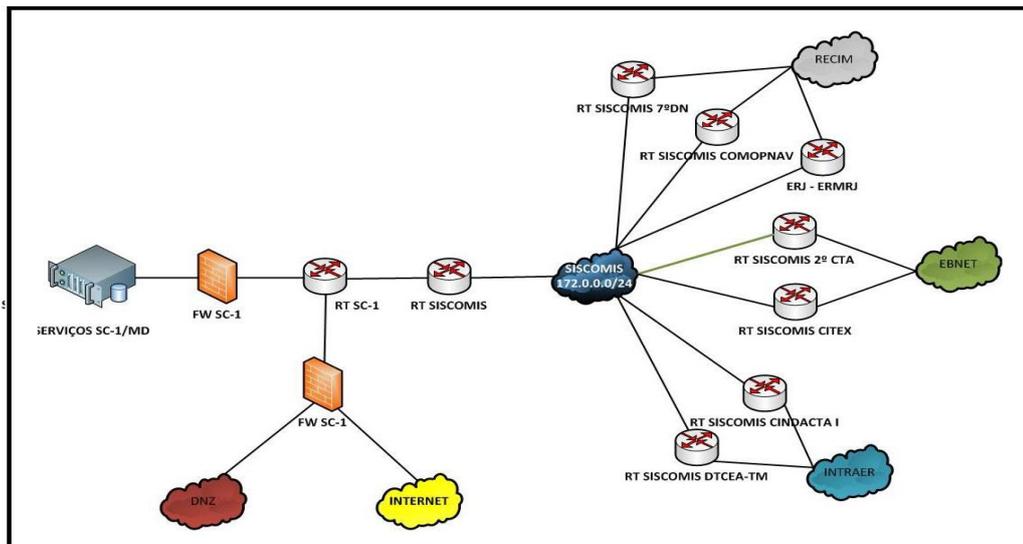


FIGURA 8 - Estrutura básica da ROD

Fonte: ORENTAÇÃO TÉCNICA Nº 001-SC-1.3-MOD1/SC-1/CHOC/EMCFA-MD (BRASIL, 2014, p.9)

O SISCOMIS provê as comunicações satelitais para as Forças Armadas, por meio de um segmento espacial com topologia em estrela, ou seja, todos os terminais satelitais do SISCOMIS se comunicam com uma das suas Estações Terrenas, que se conectam à infraestrutura do segmento terrestre do SISCOMIS, que, por sua vez, provê acesso aos serviços da ROD, conforme explicitado na figura 9.

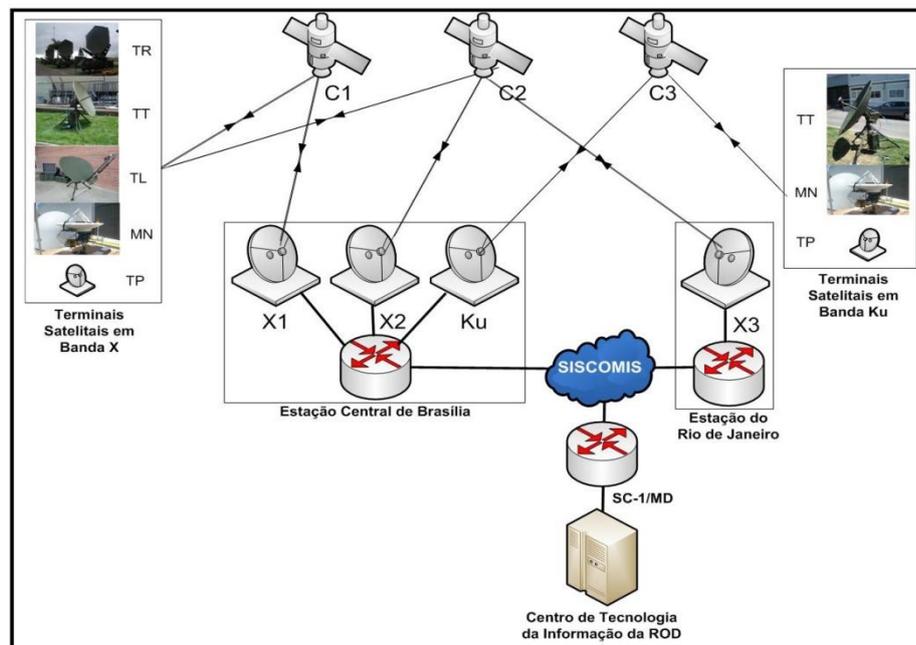


FIGURA 9 - Estrutura básica do segmento espacial do SISCOMIS

Fonte: ORENTAÇÃO TÉCNICA Nº 001-SC-1.3-MOD1/SC-1/CHOC/EMCFA-MD (BRASIL, p.7)

As Estações Terrenas do SISCOMIS são teleports em banda X e Ku, com

antenas tipo Cassegrain de diâmetros maiores que 9 metros, apontadas, atualmente, para os satélites STARONE C1, C2 e C3, e, futuramente, por meio, também, do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC). Os terminais satelitais do SISCOMIS, para emprego nas comunicações militares nas Banda X e Ku, são classificados de acordo com as suas características de tamanho de antena, peso e volume para transporte de seus dispositivos componentes, a saber: Portáteis; Leves; Transportáveis; Rebocáveis; Fixos; Veiculares; Móveis Navais; Móveis Aeronáuticos; Móveis Terrestres e Móveis Submarinos. O controle e o monitoramento do segmento espacial é realizado pelo MD.

Dessa forma, a ROD e o SISCOMIS são partes integrantes do SISMC², com o propósito de prover a ligação da cadeia de comando da Etta Mi D nos níveis estratégico e operacional, a fim de viabilizar a emissão de ordens e diretrizes e a obtenção de informações sobre a evolução da situação e das ações desencadeadas pelas Forças Armadas brasileiras em operações conjuntas, considerando as condições necessárias de segurança da informação.

4.3.2 A Infraestrutura Básica de TIC da MB.

A infraestrutura de TIC para a MB é provida pela Rede de Comunicações Integradas da Marinha (RECIM), que fornece serviços e recursos de TI a todas as Organizações Militares da MB para atender as suas necessidades operacionais de estrutura de C² e as suas necessidades de coordenação e gerenciamento administrativo. Dessa forma, de acordo com as Normas de TI da Marinha (BRASIL, 2010), a RECIM é o conjunto de elementos computacionais, organizados em rede, que compõem a infraestrutura responsável pelo tráfego de informações no âmbito da MB. A integração das comunicações consiste na possibilidade de tráfego combinado de dados, voz e vídeo (videoconferência, VoIP, banco de dados, entre outros) que obedeçam a protocolos padronizados de comunicação, com emprego

de **endereçamento IP e extenso uso do protocolo TCP/IP**. A RECIM abrange uma rede de telefonia proprietária da MB, o RETELMA.

Ainda segundo as Normas de TI da Marinha (BRASIL, 2010), a RECIM deve ser entendida como uma WAN, de caráter corporativo, composta pela integração de diversas MAN que abrangem os respectivos comandos operacionais e de área (o Comando-em-Chefe da Esquadra – ComemCh, o Comando da Força de Fuzileiros da Esquadra - ComFFE , os Comandos dos Distritos Navais - ComDN, entre outros) que, por sua vez, são compostas das LAN das Organizações Militares (OM) subordinadas, incluindo os meios navais e de fuzileiros navais. A sua infraestrutura de redes (conectividade) é constituída por recursos próprios da MB, apoiados pelo SISCOMIS (por meio de terminais satelitais móveis navais e terretres) e por enlaces de dados comerciais contratados. Ressalta-se que a RECIM tem como filosofia a consolidação de serviços de TI em ambiente de Centro de Dados.

Uma característica importante da RECIM é que ela apoia tanto as atividades administrativas quanto as operacionais da MB. Assim, a conectividade provida pela RECIM para sistemas digitais administrativos da MB também suporta os sistemas de informação digital projetados para o emprego em operações navais, ou em benefício delas.

4.4 SISTEMAS DIGITAIS APLICADOS ÀS OPERAÇÕES MILITARES

Considerando a atividade de C² nas Forças Armadas, de acordo com a Doutrina de Operações Conjuntas (BRASIL, 2011a), os sistemas de informação são componentes essenciais de um sistema de C², permitindo a um decisor planejar, dirigir e controlar as ações nas operações militares com a agilidade requerida atualmente, devendo ser disponibilizados por meio de CC², com seus recursos de C² configurados para apoiar os Estados-Maiores operacionais constituídos, de forma que os processos de C² ocorram segundo as diretrizes estabelecidas. Os sistemas de informação, ou sistemas digitais, são essenciais ao apoio do

planejamento e à visualização das operações militares e demais atividades de interesse das Forças Armadas. Assim, um dos principais empregos dos sistemas digitais para o C² é o apoio à decisão, que proporcionam a aceleração do processo de formação da consciência situacional compartilhada e, com isso, a devida agilidade no processo de tomada de decisão e execução das ações determinadas.

4.4.1 Sistemas digitais empregados no nível de decisão estratégico

No nível de decisão estratégico das Forças Armadas brasileiras, o principal sistema digital a ser empregado para apoiar o C² das operações conjuntas, de acordo com a Doutrina de Operações Conjuntas (BRASIL, 2011a), é o Sistema de Planejamento Operacional Militar (SIPLM), que se trata de um sistema de apoio à decisão de uso em rede, baseado em endereçamento IP e protocolo TCP/IP, e cuja atual versão é aderente ao JC3IEDM, o que lhe permite interoperar com outros sistemas que também empreguem este modelo de dados e que possuam endereçamento IP.

4.4.2 Sistemas digitais empregados no nível de decisão operacional

No nível de decisão operacional das Forças Armadas, os Sistemas Digitais para apoio à decisão são definidos no âmbito de cada Força Armada singular. Na MB, trata-se do Sistema de Apresentação Gráfico e Banco de Dados (SAGBD), no EB trata-se do Sistema “C² em Combate” e no caso da FAB trata-se do Sistema “Hércules”.

O SAGBD e “C² em Combate” são Sistemas Digitais já aderentes ao JC3IEDM e o sistema Hércules está em fase de desenvolvimento para implementação segundo este modelo de dados. Todos os três sistemas são baseados em endereçamento IP. Atualmente,

apenas o SAGBD possui interoperabilidade nível 1 com o SIPLOM, por meio de um arquivo tipo XML e transmissão por protocolo FTP.

Está em desenvolvimento, desde 2014, pelo Centro de Análise de Sistemas Navais (CASNAV), contratado pelo MD, o projeto Interoperabilidade de Sistemas de C² (INTERC²), que, empregando a arquitetura SOA, permitirá uma interoperabilidade nível 3 entre o sistema de apoio a decisão estratégico (SIPLOM) e os sistemas de apoio à decisão operacionais das três Forças Armadas singulares, o que foi permitido pela aderência desses sistemas ao JC3IEDM e serem sistemas baseados em IP.

4.4.3 Sistemas digitais empregados no nível de decisão tático

É no nível de decisão tático onde a agilidade do processo de C² mais impõem-se como necessária, significando ser neste nível de decisão onde a TI, por meio do emprego de equipamentos aderentes ao conceito C⁴I, tornam-se ferramenta imprescindível nas operações militares.

Os sistemas digitais para apoio à decisão neste nível constituem-se como Sistemas de Dados Táticos (SDT), os quais gerenciam sensores para prover informações em tempo real, tratando-se de sistemas que devem ser aderentes ao conceito C⁴I para terem utilidade ao C² na era da informação. Entretanto, atualmente, os SDT existentes nos respectivos meios operacionais de cada Força Armadas ainda não possuem, de forma sistêmica, interoperabilidade implementada com os seus correspondentes das demais Forças Armadas singulares, ocorrendo apenas a interoperabilidade no âmbito interno de cada uma e entre alguns de seus meios.

4.5 SISTEMAS DIGITAIS APLICADOS ÀS OPERAÇÕES NAVAIS

Na MB, de acordo com a Doutrina de TI da Marinha (BRASIL, 2007), o sistema de informação projetado para o emprego em operações navais ou em benefício delas é definido como Sistema Digital Operativos (SDO). Um SDO implementado com mecanismos de tempo real, executado em rede a partir de um Servidor e destinado a executar tarefas voltadas para o emprego em operações navais ou em proveito delas, de acordo com as orientações do Setor Operativo da MB, é definido como um Sistema de C², conforme definido nas Normas de TI da Marinha (BRASIL, 2010). No contexto do SISNC², os sistemas de C² empregados na MB estão estabelecidos de acordo com o nível de decisão operacional e tático.

4.5.1 Sistemas digitais empregados no nível operacional da MB

No nível operacional, o principal SDO empregado é o SAGBD, que recebe dados operacionais da MB de outros dois importantes sistemas deste nível de decisão, com os quais possui conectividade: o Sistema de Informações sobre o Tráfego Marítimo (SISTRAM), do Comando do Controle do Tráfego Marítimo (ComConTraM), e o Sistema de Análise de Exercícios Táticos da Esquadra (SAETE). O SISTRAM é um SDO que opera em ambiente de rede, com interoperabilidade nível 1 com o SAGBD (por meio de um arquivo texto), baseado no endereçamento IP, protocolo TCP/IP, não possuindo modelo de dados JC3IEDM implementado em sua arquitetura. Tem como propósito o acompanhamento e o monitoramento de embarcações nacionais e estrangeiras que navegam nas Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), bem como na área de busca e salvamento sob responsabilidade do Brasil. O SISTRAM, em sua versão atual (a IV), é capaz de receber dados de diversos sistemas de acompanhamento de embarcações, tais como o *Long Range*

Identification and Tracking (LRIT), o *Automatic Identification System* (AIS), o Sistema de Monitoramento Marítimo de Apoio às Atividades do Petróleo (SIMMAP), o Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite (PREPS), o *Virtual Regional Maritime Traffic Centre / Trans Regional Maritime Network* (VRMTC/TRMN), o *Maritime Safety and Security Information System* (MSSIS) e o *Trans-Regional Maritime Network* (T-RMN). Além disto, o SISTRAM permite a inserção manual das informações advindas de mensagens RAINFORM do *Plano de Coordenação da Defesa do Tráfego Marítimo Interamericano* e das mensagens MOVMEC de informações de atracação e desatracação dos navios mercantes. O outro sistema que interage com o SAGBD no nível operacional é o SAETE, que é um SDO de interoperabilidade nível 1, o qual permite o recebimento de dados operacionais dos meios navais e aeronavais da MB provenientes do SAETE instalado no ComemCh, por meio da troca de arquivos (texto), que, por sua vez, recebe dados do correspondente sistema SAETE instalado no navio capitânia no mar, que é atualizado manualmente por operadores, ou seja, não recebe dados automaticamente de nenhum sensor ou sistema (MANSO, 2013).

4.5.2 Sistemas digitais empregados no nível tático da MB

No nível de decisão tático, os principais SDO empregados na MB pertencem a SDT aderentes ao conceito C⁴I, que são capacitados a trocar dados com outros SDT por meio de um *Tactical Link*, ou seja, um módulo de enlace tático de dados, que permite a meios navais, por meio do emprego de módulo TDMA e rádio VHF³⁶ ou HF³⁷, rapidamente trocar digitalmente informações táticas entre si. Permitem, ainda, com a devida adequação de

³⁶ VHF é a sigla para o termo inglês Very High Frequency (frequência muito alta): radiofrequências de 30 a 300 MHz, de acordo com a UIT.

³⁷ HF é a sigla para o termo inglês High Frequency (frequência alta): radiofrequências de 3 a 30 MHz, de acordo com a UIT.

protocolos, a troca de dados com SDT de meios das demais Forças Armadas singulares (que também possuam módulos TDMA), ou mesmo com SDT de Forças Armadas estrangeiras, como é o caso do “Link Fraternal”, versão do SDO do Link Yb que permite aos meios navais da MB trocar dados com os meios navais da Marinha Argentina.

Os principais SDT da MB estão embarcados nos meios da Esquadra e são os Sistema de Controle Tático Avançado (SICONTA) do NAe São Paulo, das Fragatas classe Niterói e Corveta Barroso (que empregam, para a troca de dados entre SDT, um módulo EAD – Enlace Automático de Dados), o *Computer Aided Action Information System* (CAAIS) das Fragatas classe Greenhalgh e o CAAIS-450 das Corvetas Classe Inhaúma (que possuem módulo de Link Yb incorporado ao CAAIS) e outros meios da MB que possuam um Terminal Tático Inteligente, que é um console tático com módulo de enlace automático de dados (protocolo link Yb) incorporado desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM). A MB não possui um SDT padrão para os meios do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN).

4.6 A TIC APLICADA AO C²

Assim, considerando os avanços atuais da TIC e a diversidade de tecnologias disponíveis para uso na construção de redes de dados e respectivos sistemas de informação, bem como a existência, tanto no âmbito do MD, para as Forças Armadas, como no âmbito da MB, para emprego nas operações navais, de uma extensa infraestrutura de redes, conforme pode ser identificada nos itens anteriores, é possível vislumbrar a possibilidade de interconexão de todos os SDO, independentemente do nível de decisão onde é empregado, bem como entre níveis de decisão, considerando a existência de um grande número de possibilidades de ações de engenharia de software para estabelecimento da interoperabilidade de sistemas digitais necessária ao pleno emprego da GCR como abordagem de C², que só faz

sentido de ser considerada como doutrina se efetivamente for colocada em prática.

Uma vez que a adoção de uma abordagem baseada na GCR prevê a conectividade como um requisito essencial aos sistemas de C², a autosincronização, característica desejável em um contexto avançado de GCR, somente pode ser efetivamente alcançada se todos os sistemas digitais empregados no C² das operações militares, incluídas as navais forem de interoperabilidade nível 4, o que imporá uma completa reestruturação da arquitetura de software atualmente empregados nos SDO das Forças Armadas. Entretanto, considerando a infraestrutura hoje existente para uso no âmbito do MD e da MB, bem como as tecnologias disponíveis no mercado, sistemas digitais de interoperabilidade níveis 1 a 3 poderiam ser facilmente implementados em todos os SDO de apoio à decisão das Forças Armadas.

Desta forma, a interconexão de todos os SDO atualmente existentes na MB pode ser considerada factível, tendo em vista a existência de técnicas de arquitetura de softwares tais como a CBA e SOA, aliado a um emprego extensivo do JC3IEDM no desenvolvimento de sistemas digitais, o que permitiria um sensível incremento da sincronização das operações militares, incluídas as navais, sendo que a agilidade na realização dos processos de C² será tão maior quanto maior for o nível de interoperabilidade técnica dos sistemas digitais empregados no C².

5. SISTEMAS DIGITAIS INTEROPERÁVEIS PARA A MB

O capítulo anterior abordou os aspectos técnicos básicos atinentes à TI que suportam o emprego de sistemas digitais na atividade de C², bem como associou esses aspectos técnicos com as infraestruturas de TI para apoio à decisão no âmbito do MD, para uso das Forças Armadas nas operações militares, e especificamente no âmbito da MB, para emprego nas operações navais. Além disto, os aspectos levantados permitem entender que a interconexão de **todos** os SDO atualmente existentes na MB pode ser considerada factível, considerando a extensa infraestrutura de redes já existentes e o alinhamento tecnológico com a ROD, permitindo flexibilidade e aumento de capilaridade para a conectividade. Isso garantiria um sensível incremento da sincronização das operações militares, incluídas as navais, sendo que a agilidade na realização dos processos de C² será tão maior quanto maior for o nível de interoperabilidade técnica dos sistemas digitais empregados no C².

Considerando que a abordagem de C² doutrinária nas Forças Armadas brasileiras é a GCR, esta interconexão é um pressuposto básico para garantir a agilidade da execução sincronizada do ciclo de C², conforme foi apresentado nos capítulos 1 e 2 deste trabalho.

No presente capítulo pretende-se levantar e descrever orientações e requisitos de alto nível que se entende serem recomendados de serem implementados para garantir que os sistemas de C² já empregados e os que venham a ser empregados na MB no futuro sejam capazes de serem efetivamente interconectados aos demais sistemas de C² da MB, bem como os tipos de equipamentos que devem ser comumente empregados para garantir que os sistemas de C² sejam interoperáveis, incluindo os sistemas de C² das demais Forças Armadas brasileiras, quando a MB estiver atuando em operações conjuntas.

5.1 RECOMENDAÇÕES REFERENTES À DOCTRINA DE C² NA MB

Ao ser analisado o arcabouço doutrinário relativo à C² na MB apresentado no capítulo 1, verifica-se que os princípios e diretrizes básicas aplicáveis a essa atividade estão estabelecidos em publicações diferentes, em termos de doutrina de comunicações, de doutrina de TI e do SISNC², em que pese a base teórica relativa ao assunto tratar o C² como uma única atividade, conforme apresentado no capítulo 2.

Assim, entende-se ser recomendável a adoção das seguintes medidas de caráter doutrinário:

- 1) Visando o alinhamento doutrinário do SISNC² aos princípios previstos na Doutrina Básica da Marinha (BRASIL, 2014a) relativas à C² e GCR, torna-se necessário que os princípios e diretrizes básicas fossem condensadas em uma única publicação doutrinária sobre o assunto; e
- 2) Considerando os aspectos operacionais e administrativos do emprego das comunicações navais e da TI na MB sob um enfoque de C², a adequação das respectivas normas reguladoras operacionais relativas ao SISNC² no âmbito do ComOpNav e das normas reguladoras administrativas no âmbito do DGMM também seriam necessárias, visando o alinhamento de conceitos à GCR. Nesse contexto, ressalta-se que os aspectos operacional e administrativo da MB, apesar de empregarem o mesmo canal de transmissão, a RECIIM, possuem abordagens de execução diferentes, que exigem regulamentações específicas para cada caso.

5.2 RECOMENDAÇÕES REFERENTES À INTEROPERABILIDADE

Ao ser analisado os aspectos conceituais e técnicos relativos à interoperabilidade apresentados nos capítulos 3 e 4, é possível depreender-se que a adoção da GCR como a abordagem a ser empregada para a execução da atividade de C² implica em buscar-se,

incondicionalmente, a adoção de sistemas digitais para C² com conectividade, ou seja, aderentes ao conceito C⁴I, sem o qual não será possível atingir um grau de sincronização dos meios militares, incluídos os navais, para a execução das respectivas ações com a agilidade requerida na era da informação.

Assim, entende-se que, para ser atingido o propósito de pleno emprego de sistemas digitais para C² conectáveis, é recomendável a adoção, pela MB, de medidas que possuem um ponto em comum, muito importante para a interoperabilidade: a padronização. Isto é necessário para obter-se, entre outras vantagens, a economia de gastos. Cabe ressaltar que, conforme já previsto na Doutrina Básica da Marinha (BRASIL, 2014a), a padronização deve atender a requisitos básicos, tais como operação em tempo real, desempenho, confiabilidade, e manutenibilidade. Além disso, é muito importante às tecnologias adotadas acompanharem, na medida do possível, os padrões utilizados pelo mercado, ou seja, os chamados itens *Commercial Off-The-Shelf* (COTS)³⁸. As medidas recomendadas, em continuidade às apresentadas no item anterior, são:

3) Normatização do emprego do IP como tecnologia de comutação de pacotes padrão da MB, significando que todos os sistemas de C² a serem desenvolvidos ou adquiridos para emprego operacional na MB sejam aderentes ou compatíveis com essa tecnologia. Nesse contexto, entende-se que as ações relativas à implementação do IPv6, de forma coordenada com o MD e demais Forças Armadas, é um imperativo a ser considerado, de forma a garantir, futuramente, um incremento dos níveis de interoperabilidade de sistemas de C², tanto no âmbito da MB como no âmbito do MD, em relação às demais Forças Armadas;

4) Normatização do emprego do JC3IEDM como modelo de dados padrão para sistemas digitais de C² na MB, de forma a garantir a sua capacidade de integração aos demais sistemas de C² da MB e das demais Forças Armadas, possibilitando, assim, uma capacidade de troca de

³⁸ COTS é um termo genérico que intenciona descrever produtos de software e hardware que estão disponíveis e prontos para a venda ao público em geral.

dados entre quaisquer sistemas digitais de quaisquer níveis de decisão que sejam empregados. Neste contexto, torna-se importante comentar que a atualização de software do SAETE para incorporação do JC3IEDM como modelo de dados permitirá a elevação do nível de interoperabilidade do sistema, com elevadas vantagens para a sincronização deste sistema com o SAGBD, que já emprega este modelo de dados;

5) Normatizar a obrigatoriedade de interoperabilidade mínima nível 1 a todos os sistemas de C² empregados na MB, conforme seu emprego por nível de decisão tático ou operacional, de forma que todas as informações disponíveis em um sistema sejam automaticamente compartilhadas nos demais sistemas digitais correlatos. Uma vez que doutrinariamente a GCR é uma abordagem de C² definida para ser empregada na MB, não há como implementá-la sem que haja conectividade implementada entre SDO, o que deve ser constantemente buscado.

6) Promover a capacitação dos sistemas digitais de emprego tático da MB de trocar dados com os SDT das demais Forças Armadas singulares, por meio de aplicação de técnicas de engenharia de software que permitam a troca de dados empregando a técnica TDMA. É o caso do emprego do equipamento *Secure Electronic Counter-CounterMeasure Communications System* (SECOS), da empresa alemã Rohde & Schwarz, instalado em diversas aeronaves da FAB (o SECOS foi escolhido em 1997 para uso nas aeronaves A-29, F-5 e R-99) (GEIER, 2013). Estes equipamentos possuem módulos de enlace de dados TDMA, que poderiam, por exemplo, trocar informações com o link Yb da MB, desde que fossem desenvolvidos protocolos comuns de troca de dados (*interface*), operação e configuração, viabilizando a interoperabilidade. Esse tipo de integração foi testado com sucesso, em 2012, coordenado pelo MD, como parte do projeto Sistema Tático de Enlace de Dados (SISTED), daquele Ministério, entre os SDT “C² em Combate” do EB e o SDT *Head Up Display* (HUD) da aeronave A-29, da FAB;

7) Desenvolvimento e implantação de um sistema de C² do tipo SDT, aderente ao JC3IEDM,

para apoio das atividades operacionais do CFN, permitindo que as informações decorrentes das atividades pudessem ser, de forma automática e padronizada, disponibilizadas no SAGDB, com elevados ganhos na sincronização das ações e, conseqüentemente, na agilidade de execução, na era da informação, das tarefas atribuídas ao CFN; e

8) Iniciar planejamento para realizar a atualização das arquiteturas dos SDO atualmente existentes na MB, de forma a se tornarem interoperáveis em nível 4. Isso significa a necessidade de estabelecimento de centros de dados operacional e redundante, que permitam que todos os dados, informações, domínios, sistemas digitais integrantes sejam compartilhados e acessados simultaneamente. Isto também significa a necessidade de dotar todos os meios operacionais (navais e de fuzileiros navais) da MB com sistemas de conectividade à RECIM, principalmente terminais satelitais, de forma a permitir a necessária conexão com o centro de dados operacional criado para dar suporte a essa interoperabilidade nível 4.

5.3 AS COMUNICAÇÕES E OS SISTEMAS DIGITAIS PARA C²

Assim, considerando a GCR com a abordagem de C² doutrinariamente adotada pela MB, as orientações e requisitos apresentados como recomendações procuram padronizar uma forma de proporcionar comunicações operacionais seguras e confiáveis para as operações militares, aí incluídas as navais, onde os sistemas digitais, apoiados numa infraestrutura de TIC adequada, são os fatores que proporcionam o compartilhamento das informações com a agilidade necessária ao sucesso dessas operações.

Dessa forma, entende-se que a adoção das oito recomendações, apresentadas neste capítulo, pode contribuir para um sensível aumento da interoperabilidade dos sistemas digitais para C² na MB, proporcionando as condições necessárias para que o futuro das comunicações

na MB seja a troca de informações de forma rápida e confiável, permitindo a obtenção da agilidade de execução das ações, imprescindível ao sucesso das operações navais da MB.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como propósito realizar o levantamento e a análise de um conjunto de requisitos de alto nível considerados importantes de serem adotados nos sistemas digitais para C² da MB. Isso é entendido como necessário para garantir que os sistemas digitais empregados em operações navais sejam interconectáveis entre si na MB e, também, com os sistemas digitais das demais Forças Armadas singulares.

Os pressupostos teóricos e doutrinários explicitados no capítulo 2 permitem depreender-se que a GCR é a abordagem de C² que proporciona a característica mais importante no processo de C², qual seja, a agilidade. A realização de operações navais considerando uma abordagem de C² baseada na GCR impõe a necessidade de existência de infraestruturas de comunicações de alto desempenho, suportadas por redes digitais de dados e emprego extensivo de sistemas digitais e equipamentos de comunicações adequados a essa realidade, ou seja, aderentes ao conceito C⁴I.

A interoperabilidade de sistemas, no contexto da GCR, propiciará às forças militares, incluídas as navais, a capacidade de C² necessárias à obtenção da agilidade adequada para realizar operações nos diversos ambientes, conforme explicitado no capítulo 3, em que sistemas digitais conectáveis são imprescindíveis à obtenção de níveis de interoperabilidade adequados à sincronização dos meios empregados nessas operações, permitindo a obtenção da consciência situacional essencial ao devido processo de tomada de decisão.

Os avanços atuais da TIC e a diversidade de tecnologias disponíveis para uso na construção de redes de dados e respectivos sistemas de informação, bem como a existência de uma extensa infraestrutura de redes no âmbito das Forças Armadas para emprego nas operações militares, conforme descrito no capítulo 4, permite vislumbrar-se a possibilidade de

interconexão de todos os sistemas digitais para C², independentemente do nível de decisão onde é empregado, bem como entre níveis de decisão. A existência de possibilidades de ações de engenharia de software para estabelecimento da interoperabilidade permitiria que sistemas digitais com grau de interoperabilidade níveis 1 a 3 fossem implementados imediatamente em todos os sistemas de apoio à decisão das Forças Armadas, sendo que a agilidade na realização dos processos de C² será tão maior quanto maior for o nível de interoperabilidade técnica dos sistemas digitais empregados no C². É importante ressaltar que a implementação da interoperabilidade nível 4 impõe uma grande reestruturação da infraestrutura de TI, mas que permitiria o atingimento de uma capacidade altamente desejável da atividade de C²: a autosincronização das ações.

As orientações e requisitos apresentados no capítulo 5 como recomendações procuram padronizar uma forma de proporcionar comunicações operacionais seguras e confiáveis para as operações militares, aí incluídas as navais, em que os sistemas digitais, apoiados numa infraestrutura de TIC adequada, são os fatores que proporcionam o compartilhamento das informações com a agilidade necessária ao sucesso dessas operações.

Nesse contexto, entende-se que a adoção das oito recomendações apresentadas no capítulo 5 do presente trabalho contribuirá para um sensível aumento da interoperabilidade dos sistemas digitais para C², proporcionando as condições necessárias para que o futuro das comunicações na MB seja a troca de informações operacionais de forma digital, automática, rápida e confiável, o que contribuirá decisivamente na obtenção da agilidade de execução das ações, imprescindível ao sucesso das operações navais da MB.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA FORÇA AÉREA. Ministro da Defesa conhece o cérebro das operações aéreas. **Site da Internet da Força Aérea Brasileira**. Brasília, DF, 11 jun 2014. Disponível em: <http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/19019/COPA-2014---Ministro-da-Defesa-conhece-o-c%C3%A9rebro-das-opera%C3%A7%C3%B5es-a%C3%A9reas>>. Acesso em 12 ago 2015.

ALBERTS, David S.; GARSTKA, John J.; STEIN, Frederick P. **Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority**. 1.ed. Washington, DC: CCRP Publication Series, 2000. 284 p.

ALBERTS, David S.; HEYES, Richard E. **Understanding Command and Control**. 1. ed. Washington, DC: CCRP Publication Series, 2006. 222 p.

AMBIENTE DISTRIBUÍDO. In: **Vocabulários de Manuais de Software - Grupo de Pesquisa em Processamento da Linguagem Natural da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <https://www.inf.pucrs.br/~linatural/corporas/processamento/txt/Processamento_07_JAN42.txt>. Acesso em 27 jul 2015.

BRASIL. Decreto nº 6703 de 18 de dezembro de 2008, modificado pelo Decreto Legislativo nº 373/2013. **Aprova a Estratégia Nacional de Defesa**. Distrito Federal, Brasília, 26 set 2008.

BRASIL Marinha do Brasil. Comando de Operações Navais. **Normas para a Troca de Informações no SISNC² - publicação COMOPNAVINST 32-01B**. Rio de Janeiro, RJ. 2014b.

BRASIL. Marinha do Brasil. Diretoria-Geral de Material da Marinha. **Normas de Tecnologia da Informação da Marinha - publicação DGMM-0540 - REV 1**. Rio de Janeiro, RJ. 2010.

BRASIL Marinha do Brasil. Estado-Maior da Armada. **Doutrina Básica da Marinha - publicação EMA-305**. Brasília, DF. 2014a.

BRASIL. Marinha do Brasil. Estado-Maior da Armada. **Doutrina de Comunicações da Marinha - publicação EMA-415**. Brasília, DF. 1999.

BRASIL. Marinha do Brasil. Estado-Maior da Armada. **Doutrina de Tecnologia da Informação da Marinha – publicação EMA-416**. Brasília, DF. 2007.

BRASIL. Ministério da Defesa. Portaria Normativa nº 3.810/MD, de 9 de dezembro de 2011. **Aprova a Doutrina de Operações Conjuntas Vol 3**. Publicação MD-30-M-01 Vol 3. Brasília, DF. 2011a. 158 p.

BRASIL. Ministério da Defesa. Portaria Normativa nº 1.861/MD, de 25 de julho de 2014. **Aprova a Doutrina para o Sistema Militar de Comando e Controle - publicação MD31-D-03**. Brasília, DF, 2014d. 44 p.

BRASIL. Ministério da Defesa. Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas. Chefia de Operações Conjuntas. Subchefia de Comando e Controle. **Orientação Técnica nº 001-SC-1.3-MOD1/SC-1/CHOC/EMCFA-MD**. Brasília, DF. 2014e. 14 p.

BRASIL. Ministério da Defesa. Portaria Normativa nº 3.389/MD, de 21 de dezembro de 2012. **Aprova a Política Cibernética de Defesa - publicação MD31-P-02**. Brasília, DF, 2012a. 20 p.

BRASIL. Ministério da Defesa. Portaria Normativa nº 2.091/MD, de 12 de julho de 2013. **Aprova a Política para o Sistema Militar de Comando e Controle - Publicação MD31-P-01**. Brasília, DF, 2013. 22 p.

BRASIL. Ministério da Defesa. Portaria Normativa nº 1.292/MD, de 26 de maio de 2014. **Aprova a Política de Segurança da Informação para o Sistema Militar de Comando e Controle – publicação MD31-P-04**. Brasília, DF. 2014c. 26 p.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Guia de Interoperabilidade: Manual do Gestor**. Brasília, DF. 2012b. 20 p. Disponível em: <<http://www.governoeletronico.gov.br/biblioteca/arquivos/manual-do-gestor-de-interoperabilidade/view>>. Acesso em 25 jul 2015.

BRASIL. Presidência da República. Secretaria de Assuntos Estratégicos. **Desafios Estratégicos para Segurança e Defesa Cibernética**, Brasília, DF, 31 ago 2011b. Disponível em: http://www.sae.gov.br/wp-content/uploads/Seguranca_Cibernetica_web.pdf. Acesso em 18 ago 2015.

COELHO, Débora. B; BBERTOLANI, Driely. **Integração de Aplicações: Um Estudo de Caso da Interoperabilidade entre Tecnologias JEE e .Net Utilizando Arquitetura Orientada a Serviço**. 96 f. Monografia (Curso de Graduação em Ciência da Computação) - Centro Universitário Vila Velha, Vila Velha, 2008. Disponível em: <http://www.uvv.br/edital_doc/2008-01-Monografia-Final-01_4aa5c386-3e4c-41c1-a8c5-d89fafc44150.pdf>. Acesso em 17 jul 2015.

COMPONENTE DE SOFTWARE. In: Wikipédia. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Componente_de_software>. Acesso em 30 jul 2015.

CORONEL, Thiago. O que é domínio e qual sua importância. **Seção Conteúdo Gratuito-Artigos da página da Internet JB Livros e Cursos**, 17 ago 2010. Disponível em <<http://www.juliobattisti.com.br/artigos/ti/dominio.asp>>. Acesso em 28 jul 2015.

COTS. In: Wikipédia. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Commercial_off-the-shelf>. Acesso em 31 jul 2015.

DE SORDI, José O.; MARINHO, Bernadete L. Integração entre Sistemas: Análise das Abordagens Praticadas pelas Corporações Brasileiras. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, Vol.9, Issue 23, p.78-93. 16p. 2007. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94792308>. Acesso em 29 jul 2015.

EDEN, Amon. H.; KAZMAN. Rick. Architecture, Design, Implementation. In: **25th International Conference on Software Engineering (ICSE)**, 3 - 10 may 2003, Portland, USA. Disponível em: <http://www.sei.cmu.edu/library/assets/icse03-1.pdf>. Acesso em 25 jul 2015.

GEIER, Gerhard. Rohde & Schwarz e o Brasil: entrevista com o Presidente da Rohde&Schwarz. Munique, 09 Jan, 2013. Entrevista concedida a Vianney Jr. - Defense and Aerospace Analyst - Colunista da revista eletrônica DefesaNet. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/tecnologia/noticia/9227/Rohde-&-Schwarz-e-o-Brasil/>. Acesso em 18 ago 2015.

HILLMAN, Diane. **Using Dublin Core**. Seção Metadata Basics do site Dublin Core Metadata Initiative, 12 abr 2001. Disponível em: <http://www.dublincore.org/documents/2001/04/12/usageguide/#whatismetadata>. Acesso em 25 jul 2015.

LALLANA, Emmanuel C. **E-Government Interoperability: United Nations Development Programme - e- Primers for the Information Economy, Society and Polity**, Bangkok, Thailand, 2008. Disponível em: <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/UN-OTHER/UNPAN032094.pdf>. Acesso 24 jul 2015.

LARA, Patrick B. A. **Um Protocolo para Integração de Sistemas de Comando e Controle**. 2014. 67 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas e Computação) - Instituto Militar de Engenharia, Exército Brasileiro, Rio de Janeiro, 2014.

LOTUFO, Francisco A, Controle Linear. Guaratinguetá: **Universidade Estadual Paulista Getúlio de Mesquita Filho (UNESP)**, Cap 1, p. 2-7, 20 mar 2015, 6 f. Apostila de Controle Linear. Disponível em: http://www.feg.unesp.br/~falotuf/ Disciplinas/Kel3003T/Apostila/Capitulo1_15.pdf. Acesso em 19 jul 2015.

MANSO, Rogério C. **Sistemas Cibernéticos na MB: Desafios e Perspectivas - Sistemas Cibernéticos de Comando e Controle da MB: Estruturação para as Demandas do Século XXI**. 2013, 81 f. Monografia (Curso de Política e Estratégia Marítimas) - Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2013.

MEDEIROS, Marcos F. M; ALLOUFA, Jomária M.; ARAÚJO, Maria A. D. Uma Análise Teórica do Uso da Tecnologia da Informação na Prática Científica. **E-Revista Unioeste**, 8 nov 2011. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/ccsaemperspectiva/article/download/5019/4645>. Acesso em 8 mar 2015.

MIRANDA, Anibal D. A. Introdução às Redes de Computadores. Vila Velha: **Escola Superior Aberta do Brasil – ESAB**, 2008. 348 f. Módulo de aula. Disponível em: <http://ftp.feb.unesp.br/autodesk/pos/Disciplina-1-redes.pdf>. Acesso em 21 jul 2015.

PAWGASAME, Wichai; SA-AD, Wuttisak. **Self-Organized TDMA Protocol for Tactical Data Links**. Linköping, Sweden, 14 Nov 2011. Disponível em: <http://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:459572/FULLTEXT01.pdf>. Acesso em 18 ago 2015.

PETRITSCH, Helmut. **Service-Oriented Architecture (SOA) vs. Component Based Architecture**. Viena, Austria: Vienna University of Technology, 2006. Disponível em: http://petritsch.co.at/download/SOA_vs_component_based.pdf. Acesso em: 30 jul 2015.

PISA, Pedro. O que é IP. **Seção Vida Digital da página da Internet TECHTUDO**, 07 mai 2012. Disponível em: <http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/05/o-que-e-ip.html>. Acesso em 19 ago 2015.

PROENÇA, H.; MURANHO, J.; PRATA, P. Base de Dados I. Covilhã, Portugal: **Universidade da Beira Interior**, 25 mar 2006, 39 f. Apontamentos de Base de Dados I. Disponível em: <http://www.di.ubi.pt/~pprata/bd/BD_07_08_T01.pdf>. Acesso em 22 jul 2015.

SESSIONS, Sterling D.; JONES, Carl R. **Interoperability: A Desert Storm Case Study**. 1. ed. Washington, DC: INSS Publications Series, 1993. 42p.

STAIR, Ralph M.; REYNOLDS, George W. **Princípios de sistemas de informação: uma abordagem gerencial**. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

TURBAN, E; MCLEAN, E.; WETHERBE, J. **Tecnologia da informação para a gestão**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

VIVEIROS, Cláudio P. **Fatores de Comando e Controle Aplicáveis nas Operações Combinadas: O Sistema Militar de Comando e Controle**. 2007. 82 f. Monografia (Curso de Política e Estratégia Marítimas) - Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2007.