

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CC PEDRO HENRIQUE RIBEIRO BARBOSA

A ESTAÇÃO TERRENA DE MONITORAÇÃO DE SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS:
UMA NOVA FERRAMENTA DE COMANDO E CONTROLE A SERVIÇO DO BRASIL

Rio de Janeiro

2016

CC PEDRO HENRIQUE RIBEIRO BARBOSA

A ESTAÇÃO TERRENA DE MONITORAÇÃO DE SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS:
UMA NOVA FERRAMENTA DE COMANDO E CONTROLE A SERVIÇO DO BRASIL

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

Orientador: CF (RM-1) Marcelo Ferraz Loureiro

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval

2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por sua maravilhosa graça e amor incondicional manifestado a todos os homens.

À minha querida esposa Dayse, agradeço pelo amor, compreensão, paciência e dedicação no cuidado do lar e dos nossos três filhos: Daniel, Isabel e Débora.

Aos meus pais Carlos Roberto e Ida, por terem suportado as adversidades e, a despeito delas, terem me proporcionado a oportunidade de estudar.

Aos meus comandantes durante a minha carreira naval, que contribuíram para o meu crescimento e aprimoramento pessoal e profissional.

Ao meu orientador, Capitão de Fragata (RM-1) Marcelo Ferraz Loureiro, agradeço pelo profissionalismo e pelos ensinamentos que permitiram a realização deste trabalho.

Aos instrutores da Escola de Guerra Naval, aos professores do Instituto COPPEAD de Administração e aos colegas de turma, por compartilharem seus variados saberes.

Por fim, agradeço aos engenheiros Rodrigo Menezes, autor do projeto da Estação de Monitoração de Satélites Geoestacionários e Josinaldo da ANATEL pelas valiosas e importantes contribuições, sem as quais não teria sido possível a conclusão deste trabalho.

RESUMO

O aumento da importância dos satélites nas últimas décadas, cuja característica principal é a velocidade da informação, constitui uma condição imprescindível para o sucesso de qualquer operação militar. Em contrapartida, o número de interferências, associadas a esse tipo de comunicação, também aumentou consideravelmente, constituindo-se em possíveis ameaças a um país, trazendo consequências bastante negativas. A fim de mitigar a ocorrência dessas interferências, foi desenvolvida e implementada no Brasil em 2014 pela Agência Nacional de Telecomunicações a Estação Terrena de Monitoração de Satélites Geoestacionários, motivada principalmente pela realização dos dois grandes eventos mundiais no país: a Copa do Mundo FIFA de 2014 e os Jogos Olímpicos Mundiais de 2016. Propósito principal deste trabalho, veremos que este poderoso e moderno recurso, poderá ser empregado pelo país, não somente para a manutenção da garantia das comunicações satelitais realizadas pelos meios civis, mas também para fins militares. O estudo em lide torna-se relevante, na medida em que permite que sejam identificadas as capacidades operacionais da referida Estação de Monitoração, que possam de alguma forma contribuir para o incremento da capacidade de Comando e Controle da MB sobre a Amazônia Azul®, assim como nas áreas internacionais de responsabilidade SAR, executando atividades de monitoração e vigilância, suprimindo em parte a missão do SisGAAz. Além disso, visa identificar o seu atual nível de interoperabilidade com a Marinha do Brasil, tendo em vista que se trata de um sistema recente e ainda desconhecido por grande parte dos militares dessa instituição.

Palavras-chave: satélites geoestacionários, velocidade da informação, interferências, grandes eventos, Estação Terrena de Monitoração de Satélites Geoestacionários, Comando e Controle, Amazônia Azul, processo decisório, Ciclo de Boyd (OODA), monitoração, vigilância, Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul, agilidade, interoperabilidade e geolocalização.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estação de Monitoração de Satélites Geoestacionários (EMSAT)....	55
Figura 2 – Amazônia Azul.....	55
Figura 3 – Arco Orbital brasileiro.....	56
Figura 4 – Ciclo de Boyd (OODA).....	56
Figura 5 – Modelo dos cinco anéis estratégicos.....	57
Figura 6 – Princípio da Geolocalização por Satélite Adjacente.....	57
Figura 7 – Tipos de interferência deliberada.....	58
Figura 8 – Antenas da EMSAT.....	58
Figura 9 – Exemplo de Geolocalização nº 1.....	59
Figura 10 – Exemplo de Geolocalização nº 2.....	59
Figura 11 – Exemplo de Geolocalização nº 3.....	60
Figura 12 – Interação dos Ciclos OODA.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM	Armas de Destruição em Massa
AJB	Águas Jurisdicionais Brasileiras
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
C2	Comando e Controle
C4ISR	Comando, Controle, Comunicações, Computação, Inteligência, Vigilância e Reconhecimento
CCC	Centro de Controle de Comunicações
CGEM	Centro de Guerra Eletrônica da Marinha
CNUDM	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
CRFB	Constituição da República Federativa do Brasil
CW	Onda contínua
DoD	Departamento de Defesa
DFO	Diferença de frequência
DTO	Diferença de tempo
EHF	Frequência extremamente alta
EMCFA	Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas
EMSAT	Estação de Monitoração de Satélites Geoestacionários
END	Estratégia Nacional de Defesa
EUA	Estados Unidos da América
FA	Forças Armadas
FAB	Força Aérea Brasileira
GE	Guerra Eletrônica

GNSS	Serviço de Navegação Global por Satélite
GPS	Global Positioning System
HF	High Frequency
sIRG	Grupo de Redução de Interferências de Satélites
LBDN	Livro Branco de Defesa Nacional
LC	Lei Complementar
LDP	Linhas de Posição
LGT	Lei Geral de Telecomunicações
MB	Marinha do Brasil
MD	Ministério da Defesa
MT	Mar Territorial
NCW	Network Centric Warfare
ONU	Organização das Nações Unidas
OODA	Observar, orientar-se, decidir e agir
PATNAV	Patrulha Naval
PC	Plataforma Continental
PND	Política Nacional de Defesa
RF	Rádio Frequência
SAR	Socorro e Salvamento
SHF	Frequência superalta
SisGAAz	Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul
SISNC2	Sistema Naval de Comando e Controle

TI	Tecnologia da Informação
TIC	Sistemas de Tecnologia da Informação e Comunicações
UHF	Ultra High Frequency
UIT	União Internacional de Telecomunicações
VSAT	Very Small Aperture Terminal
ZC	Zona Contígua
ZEE	Zona Econômica Exclusiva

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	COMANDO E CONTROLE	17
2.1	Considerações preliminares sobre a PND e a END.....	19
2.2	Aspectos Legais.....	23
2.3	Aspectos Teóricos de Comando e Controle.....	24
2.3.1	Comando e Controle.....	25
2.3.2	Sistema de Comando e Controle.....	25
2.3.3	Consciência Situacional.....	26
2.3.4	Princípios de Comando e Controle.....	26
2.3.5	O Domínio da Informação.....	27
2.4	O Processo Decisório.....	27
2.5	Ciclo de C2.....	28
3	MONITORAÇÃO DE SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS	30
3.1	Considerações Gerais.....	30
3.2	As Comunicações Satelitais.....	31
3.3	O problema das Interferências.....	34
3.4	A Guerra Eletrônica nas comunicações satelitais.....	37
3.5	Geolocalização de Interferências nas Comunicações Satelitais.....	39
3.6	A Estação Terrena de Monitoração de Satélites Geoestacionários (EMSAT)....	41
4	ANÁLISE DA DOUTRINA DE C2 E O SEU EMPREGO NA UTILIZAÇÃO DA EMSAT	45
5	CONCLUSÃO	50

REFERÊNCIAS.....	52
-------------------------	-----------

APÊNDICE	
 Ilustrações.....	55

1. INTRODUÇÃO

A importância dos satélites¹ vem aumentando a cada dia. A velocidade da informação nunca antes foi um fator tão importante e decisivo como nos dias atuais, sendo esta uma condição imprescindível para o sucesso de qualquer operação militar. A informação na guerra faz parte da diferença entre o sucesso do vitorioso e a perplexidade do perdedor e sua importância sempre foi reconhecida ao longo dos tempos. Sun TZU já afirmava:

Aquele que conhece o inimigo e a si mesmo, ainda que enfrente cem batalhas, jamais correrá perigo. Aquele que não conhece o inimigo, mas conhece a si mesmo, às vezes ganha, às vezes perde. Aquele que não conhece nem o inimigo nem a si mesmo, está fadado ao fracasso e correrá perigo em todas as batalhas (A Arte da Guerra, 2007, p.45).

A evolução da arte da guerra forçou o homem a interagir com métodos, processos, tecnologias e inovações, em situações e cenários no campo de batalha, em prol da consecução de objetivos táticos, operacionais e estratégicos (BRASIL, 2015a). Nesse ínterim, o domínio de novas tecnologias de informação, tais como as comunicações via satélite, tornaram-se fundamentais para qualquer empreitada militar, tanto no aspecto ofensivo como defensivo.

Em um cenário de constantes mudanças, o aprimoramento do processo decisório, cuja definição veremos no próximo capítulo, garante ampla vantagem competitiva àquele que o utiliza mais rapidamente e eficientemente. Neste aspecto, o Comando e Controle (C2) veio a se tornar um recurso indispensável para o exercício da decisão, assessorando a complexa responsabilidade do comando e diminuindo as incertezas.

¹ Satélite é todo objeto que gira em torno de outro objeto. Ele é classificado em dois tipos: satélite natural (Ex.: a Lua) e satélite artificial (Ex.: um equipamento ou engenho construído pelo homem que, dependendo da finalidade, desloca-se em órbita da Terra ou de outro astro) (FLORENZANO, 2008).

Em contrapartida a esse aumento significativo da importância das comunicações satelitais, cuja época foi denominada de a “Era da Informação²”, o número de interferências³, associadas a esse tipo de comunicação, também aumentou consideravelmente, constituindo-se em possíveis ameaças a um país, trazendo consequências bastante negativas, como veremos em alguns exemplos no capítulo três.

Em decorrência desse aumento das comunicações via satélite, cuja descrição será apresentada no capítulos três, houve também um incremento significativo de alguns Princípios de C2, os quais serão abordados mais detalhadamente no capítulo 4.

A fim de mitigar a ocorrência dessas interferências, no que se refere às comunicações satelitais, foi desenvolvida e implementada no Brasil em 2014 pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) a Estação Terrena de Monitoração de Satélites Geoestacionários⁴ (EMSAT) (FIG. 1), motivada principalmente pela realização dos dois grandes eventos mundiais no país: a Copa do Mundo FIFA de 2014 e os Jogos Olímpicos Mundiais de 2016 (ANATEL, 2014).

Propósito principal deste trabalho, veremos que este poderoso e moderno recurso, poderá ser empregado pelo país, não somente para a manutenção da garantia das comunicações satelitais realizadas pelos meios civis, dentre outras finalidades, mas também

2 Era da Informação ou era digital são termos frequentemente utilizados para designar os avanços tecnológicos advindos da Terceira Revolução Industrial e que reverberaram na difusão de um ciberespaço, um meio de comunicação instrumentalizado pela informática e pela internet. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/geografia/era-informacao.htm>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

3 Esse fenômeno é um dos fatores responsáveis pela limitação no tráfego das informações, produzindo ruídos que podem ser reduzidos com certos tipos de modulação. Este conceito será abordado com mais detalhes no item 3.3. Disponível em <<http://brasilescola.uol.com.br/fisica/o-fenomeno-interferencia.htm>>, Acesso em 09 jul. 2106.

4 Órbita equatorial ou geoestacionária é aquela em que o satélite está sempre na mesma posição em relação à Terra. Ela possui uma inclinação de 0 (zero) grau e coincide com o plano do equador. Ela é chama de geossíncrona quando a sua altitude é de cerca de 36.000 quilômetros, o que permite ao satélite completar um giro em torno da Terra em 24 horas, aproximadamente o mesmo período de rotação do planeta (FLORENZANO, 2008).

para fins militares, caracterizando-se assim num sistema dual, com aplicações civis e militares.

O litoral do Brasil possui cerca de 8.500 km de extensão. De acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), em vigor desde novembro de 1994, o Mar Territorial (MT) brasileiro se estende desde a linha de costa até 12 milhas náuticas, a Zona Contígua (ZC) entre 12 e 24 milhas náuticas e a Zona Econômica Exclusiva (ZEE) de 12 a 200 milhas náuticas da costa. Além desta área, a Plataforma Continental (PC) compreende o leito e o subsolo marinhos e pode alcançar até 350 milhas náuticas desde a costa. Sobre essa área, denominada de “Amazônia Azul[®]”⁵ (FIG. 2), o país exerce direitos de soberania para fins de exploração e exploração de seus recursos naturais (minerais e outros recursos vivos e não vivos do subsolo e leito do mar, assim como suas espécies vivas sedentárias). As Águas Interiores são as águas vinculadas ao domínio terrestre de um Estado, e compreendem, as águas internas (rios, baías, lagos e lagoas) e que não estão submetidas ao regime estabelecido pela CNUDM (BRASIL, 2009).

As Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB) constituem as Águas Interiores e as áreas marítimas da Amazônia Azul[®], atingindo cerca de 4,5 milhões de km². Diante de tamanhas potencialidades e riquezas dessa gigantesca massa aquífera, o Brasil possui a responsabilidade e a necessidade de protegê-la.

O que define de fato a soberania do país sobre as AJB é a existência de navios patrulhando ou realizando ações de presença, associado a um efetivo sistema de vigilância. O Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz) é um dos principais projetos em desenvolvimento pela Marinha do Brasil (MB) e possui a missão de Monitorar, de forma

5 A marca “Amazônia Azul” está registrada no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) como evento cultural e político oficial da Marinha do Brasil, desde janeiro de 2010.

integrada, as Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB) e as áreas internacionais de responsabilidade para operações de Socorro e Salvamento (SAR)⁶, a fim de contribuir para o controle e a mobilidade estratégica⁷, representadas pela capacidade de responder prontamente a qualquer ameaça, emergência, desastre ambiental, agressão ou ilegalidade. Como se trata de um sistema de vigilância, seu objetivo visa proporcionar o funcionamento de uma estrutura de C2 para a aquisição de dados de Inteligência Operacional, além daqueles obtidos de maneira autônoma pelos navios e aeronaves em Patrulha Naval (PATNAV), garantindo o estabelecimento de uma maior Consciência Situacional⁸ sobre o que realmente acontece na Amazônia Azul® (DURING, 2014). Porém, em função das restrições orçamentárias atualmente impostas, o SisGAAz não possui previsão de prontificação e está com o seu cronograma original de execução adiado.

O estudo em lide torna-se relevante, na medida em que permite que sejam identificadas as capacidades operacionais da EMSAT que possam de alguma forma contribuir para o incremento da capacidade de C2 da MB sobre a Amazônia Azul® e nas áreas internacionais de responsabilidade SAR⁹, executando atividades de monitoração e vigilância, suprimindo em parte a missão do SisGAAz. Além disso, visa identificar o seu atual nível de interoperabilidade¹⁰ com a MB, tendo em vista que se trata de um sistema recente e ainda desconhecido por grande parte dos militares da nossa instituição.

6 Consiste no emprego de todos os meios possíveis a fim de localizar e socorrer aeronaves abatidas ou acidentadas, navios, materiais e instalações diversas, avariadas ou sinistradas, no mar ou em terra e, também, socorrer suas tripulações ou pessoas em perigo. O termo SAR, do inglês *search and rescue*, é de uso internacional e significa busca e salvamento ou busca e resgate (BRASIL, 2015b).

7 Mobilidade Estratégica é a aptidão para se chegar rapidamente ao teatro de operações. (BRASIL, 2012c).

8 Este conceito será apresentado no item 2.3.4 - Consciência situacional.

9 As áreas internacionais de responsabilidade para operações de Socorro e Salvamento (SAR –*Search and Rescue*), acertadas junto a Organização Marítima Internacional (International Maritime Organization – IMO) somam cerca de 10 milhões de km².

10 Interoperabilidade é a capacidade de sistemas, unidades ou forças de intercambiarem serviços ou informações e de empregá-los sem o comprometimento de suas funcionalidades (BRASIL, 2015).

Vislumbra-se que a EMSAT poderá proporcionar à MB uma relativa capacidade de monitoramento das AJB, contribuindo para o exercício da soberania do país sobre essa área e também para o cumprimento de sua nova missão¹¹, principalmente no que se refere às atribuições subsidiárias previstas em lei, como por exemplo a PATNAV. Informações estratégicas e de inteligência operacional poderão ser obtidas, otimizando o emprego dos meios navais, aéreos e aeronavais utilizados nessas PATNAV, reduzindo o tempo de busca, identificação e interceptação de contatos de interesse. Tal sistema também poderá contribuir para o sucesso das Operações Conjuntas¹², conduzidas pelo Ministério da Defesa (MD) e, até mesmo das Operações Combinadas¹³.

Para o desenvolvimento deste trabalho, optou-se por realizar pesquisa exploratória, empregando a metodologia de pesquisa bibliográfica e o método científico dedutivo, de modo a obter a conceituação básica dos termos aplicados a C2, tanto no âmbito do MD, quanto em teorias de C2 empregadas pelo Departamento de Defesa (DoD)¹⁴ dos Estados Unidos da América (EUA) (MARCONI; LAKATOS, 2010). Para apoiar a análise da pesquisa e enriquecer o estudo, foram realizadas

-
- 11 Nova missão da MB: “Preparar e empregar o Poder Naval, a fim de contribuir para a defesa da Pátria; para a garantia dos poderes constitucionais e, por iniciativa de qualquer destes, da lei e da ordem; para o cumprimento das atribuições subsidiárias previstas em Lei; e para o apoio à Política Externa.” (BRASIL, 2014c).
 - 12 Operação que envolve o emprego coordenado de elementos de mais de uma força singular, com propósitos interdependentes ou complementares, mediante a constituição de um Comando Conjunto (BRASIL, 2015b).
 - 13 Operação empreendida por elementos ponderáveis de Forças Armadas Multinacionais, sob a responsabilidade de um comando único (BRASIL, 2015b).
 - 14 O Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DOD ou DoD de Department of Defense) é um departamento federal dos Estados Unidos responsável pela coordenação e supervisão de todas as agências e funções do governo relativos diretamente com a segurança nacional e com as suas forças armadas. O DOD é o maior inquilino do Pentágono, e está dividido em três grandes subseções — U.S. Army, o U.S. Navy e a U.S. Air Force.

pesquisas com representante da ANATEL e do Centro de Guerra Eletrônica da Marinha (CGEM).

O presente estudo foi organizado em cinco capítulos, estruturados da seguinte maneira: a presente introdução, abordando a necessidade do país exercer a sua soberania sobre as AJB. No segundo capítulo é apresentando, inicialmente, os aspectos teóricos de C2 sobre o qual se fundamentará a pesquisa. O capítulo três trata sobre a monitoração de satélites geoestacionários, com a apresentação da EMSAT e o atual seu nível de interoperabilidade com a MB. No capítulo quatro consta uma análise da teoria de C2 aplicada à EMSAT e, finalmente o quinto capítulo, onde são apresentadas as considerações finais e uma breve conclusão.

Outro ponto indispensável desta pesquisa é a ausência de sigilo, pois ao decidir-se por delimitá-la a referências ostensivas, assegura-se que o conhecimento possa ser disseminado sem as restrições dos documentos sigilosos.

2. COMANDO E CONTROLE

Entender Comando e Controle não é mais uma opção, mas sim uma exigência. Se queremos fazer progressos significantes na área de Defesa ou ter sucesso nas operações no século XXI, necessitamos entender Comando e Controle por completo. Ao mesmo tempo, os conceitos e tecnologias da “Era da Informação” oferecem oportunidades para fazer coisas que nunca antes poderiam ser feitas, combinando a nossa necessidade de mudar com os meios para mudar. Portanto, é hora de ir em frente. Se quisermos ser bem-sucedidos em enfrentar os desafios do presente e do futuro, é hora de reconhecer que haverá maiores discontinuidades entre os conceitos e as práticas de C2 sendo ensinadas e praticadas hoje daqueles que o serão amanhã (ALBERTS; HAYES, 2006).

Os desafios das atuais missões militares aumentaram significativamente. O atentado terrorista de 11 de setembro de 2001, ocorrido nos EUA, sobre as chamadas torres gêmeas representou um ponto de inflexão entre o ambiente de segurança dominado pela simetria da Guerra Fria (1947-1989) e as incertezas e assimetrias do novo milênio. Os riscos e desafios de um cenário de segurança incerto crescem com a diminuição do tamanho e do custo das Armas de Destruição em Massa (ADM) e sua proliferação em um mundo cada vez mais interdependente. Ao mesmo tempo, a complexidade das operações militares aumenta significativamente, à medida que os níveis estratégico, operacional e tático se fundem em operações que mesclam objetivos militares e civis. Vive-se em um mundo mais perigoso, com menos meios para defender os nossos interesses, com instituições menos estruturadas para relizar operações, devido às “novas ameaças” que não param de evoluir (ALBERTS; HAYES, 2003).

No século XXI, as operações tornaram-se cada vez mais complexas e dinâmicas, exigindo capacidades e esforços coletivos. As missões de hoje diferem das tradicionais não apenas em sua essência, mas qualitativamente. Elas requerem o esforço de capacidades coletivas de muitas organizações para obter sucesso. Aqueles indivíduos e organizações que aprenderam a tomar vantagem das oportunidades oferecidas neste novo espaço, ganharam uma significativa e competitiva vantagem sobre aqueles que ignoraram estas oportunidades. Para se obter sucesso nessas operações, torna-se necessário o perfeito entendimento de Comando e Controle, de modo a proporcionar o aumento das capacidades para lidar com tais desafios. Desta forma, as abordagens tradicionais de C2 estão desatualizadas, a estrutura e os conceitos de operação não estão mais adequados, nem são ágeis o suficiente para acompanhar as mudanças necessárias para o combate moderno. O conceito de Agilidade¹⁵ será a característica mais importante das forças militares. Segundo Alberts e Hayes (2003, p. 2, tradução nossa), “A estrada para a agilidade é pavimentada com informações”.

Essas transformações possuem dois eixos principais: o primeiro focado na compreensão dos desafios das missões atuais e outro focado nas Operações Centradas em Redes, de onde vem o termo Guerra Centrada em Rede, do inglês Network Centric Warfare (NCW). A NCW consiste num processo de duas etapas: em primeiro lugar, obter conhecimentos compartilhados e, em segundo, alavancar o compartilhamento de conhecimentos (auto-sincronização) levando a um aumento substancial na agilidade e na eficácia do processo decisório. O segredo da NCW é a emergência de um comportamento de auto-sincronização. Em última análise, a contribuição mais importante das abordagens

15 Agilidade é a capacidade de realizar com sucesso, lidar com, e / ou explorar mudanças nas circunstâncias. Enquanto outros fatores também influenciam os resultados, a agilidade em C2 permite que entidades empreguem de forma eficaz e eficiente os recursos que têm em tempo hábil em uma variedade de missões e circunstâncias. Disponível em: http://dodccrp.org/sas-085/sas-085_report_final.pdf, Acesso em 09 jun. 2016).

centradas em rede para o C2 será o seu fortalecimento ou a sua agilidade (ALBERTS; HAYES, 2006, tradução nossa).

Felizmente, novas tecnologias de informação, novos conceitos de operações e abordagens de C2 criaram um espaço no qual indivíduos e organizações estão mais aptos a prover um aumento significativo das capacidades para lidar com esses desafios. Essa realidade já pode ser observada no âmbito nacional e está sendo implementada conforme orientação prevista na Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2012c).

A seguir, serão apresentadas algumas considerações preliminares sobre a Política Nacional de Defesa (PND) e a END, seguindo-se os aspectos legais que fundamentam a importância atribuída ao C2. Ao término, serão apresentados alguns aspectos teóricos de C2, desenvolvidas pelo DoD, por meio do Programa de Pesquisa de Comando e Controle¹⁶, bem como pelo Ministério da Defesa do Brasil, necessários ao entendimento do assunto e para justificar a aplicabilidade da EMSAT como um auxílio válido para a Defesa Nacional.

2.1 Considerações preliminares sobre a PND e a END

Dentre os principais instrumentos orientadores da Defesa brasileira, temos a PND e a END. Voltados essencialmente para ameaças externas, estes documentos norteiam o planejamento de ações de alto nível destinadas à defesa nacional, coordenadas pelo Ministério da Defesa e, dentre outros aspectos, estabelecem os objetivos e as diretrizes para o preparo e o emprego das Forças Armadas (FA) em sua missão de defesa da pátria e de garantia dos poderes constitucionais. A PND fixa os objetivos da Defesa Nacional e orienta o Estado sobre

16 *Command and Control Research Program (CCRP)* é um programa com a missão de aperfeiçoar a compreensão do Departamento de Defesa dos EUA nas implicações de segurança nacional. Apresenta o estado da arte e a prática de C2 com foco na teoria, doutrina, aplicações e sistemas. Disponível em: <<http://dodccrp.org>>. Acesso em 12 jun. 2016.

o que fazer para alcançá-los. A END, por sua vez, estabelece como fazer o que foi estabelecido pela Política (BRASIL, 2012c).

Conforme citado anteriormente, no ambiente internacional, o mundo vive desafios mais complexos do que aqueles enfrentados durante o período de confrontação ideológica bipolar. O fim da Guerra Fria (1989) reduziu o grau de previsibilidade das relações internacionais vigentes desde a Segunda Guerra Mundial (1939 - 1945).

Nesse aspecto, torna-se pouco provável um conflito generalizado entre os Estados, porém, são fortalecidos os conflitos de caráter étnico e religioso, os nacionalismos exacerbados enquanto fragmentam-se os Estados, situações estas que afetam a ordem mundial. Por outro lado, poderão ser intensificadas as disputas por áreas marítimas, pelo domínio aeroespacial, por fontes de água doce, alimentos, principalmente proteína e energia, cada vez mais escassas. Estas questões poderão levar a disputas territoriais, ingerências nos assuntos internos de outros países, configurando riscos de conflitos armados. Além disso, o antigo fenômeno da globalização, com o aprofundamento da crescente interdependência entre os Estados, caracterizada pela revolução tecnológica, pela expansão do comércio internacional e dos fluxos de capitais, vêm resultando em avanços para a humanidade (BRASIL, 2012c).

A configuração da ordem internacional, caracterizada pela crescente assimetria de poder, produz tensões e instabilidades indesejáveis para a paz. Os avanços decorrentes da Tecnologia da Informação (TI), a utilização de satélites, o sensoriamento eletrônico e outros aperfeiçoamentos tecnológicos trouxeram maior eficiência aos sistemas administrativos e militares, sobretudo nos países que dedicam maiores recursos financeiros à Defesa. Em consequência, foram criadas oportunidades e vulnerabilidades que poderão ser exploradas,

com o objetivo de inviabilizar o uso dos nossos sistemas ou facilitar atuação à distância. Para superar essas vulnerabilidades, torna-se essencial o constante investimento do Estado em setores tais como o da TI (BRASIL, 2012c). Veremos no próximo capítulo que a EMSAT visa mitigar a ocorrência de interferências nas comunicações dos satélites nacionais e estrangeiros, localizados no Arco Orbital¹⁷ de alcance do Brasil (FIG. 3), minimizando as vulnerabilidades da comunicação satelital.

De acordo com a PND, os setores espacial, cibernético e nuclear são considerados estratégicos para a Defesa do País, sendo este um dos objetivos nacionais de defesa (BRASIL, 2012c).

A END menciona a necessidade de um Projeto Forte de defesa favorecido por um projeto forte de desenvolvimento guiado por princípios como a independência nacional alcançada pela capacitação tecnológica autônoma nos setores espacial, cibernético e nuclear, conforme podemos verificar na seguinte citação: “Não é independente quem não tem o domínio das tecnologias sensíveis, tanto para a defesa, como para o desenvolvimento” (BRASIL, 2012c).

Como uma de suas diretrizes, a END organiza as FA sob o amparo do trinômio monitoramento/controle, mobilidade e presença, resultando na definição das capacidades operacionais de cada uma das FA. Dentro desse trinômio, a capacidade de monitoração do espaço aéreo, do território e das AJB poderá ser reforçada por meio da utilização da EMSAT, já instalada e operante no Brasil e que será apresentada com mais detalhes no capítulo três deste trabalho.

17 A dimensão do arco orbital de interesse brasileiro está entre os meridianos de 46,5° E e 163,2° W. Disponível em <[http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=34353&assuntoPublicacao=null&caminhoRel=null&filtro=1&documentoPath=biblioteca/releases/2002/anexo_release_24_01_2001\(11\).pdf](http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=34353&assuntoPublicacao=null&caminhoRel=null&filtro=1&documentoPath=biblioteca/releases/2002/anexo_release_24_01_2001(11).pdf)> Acesso em 01 ago. 2016.

Reforçada pela capacidade de monitorar/controlar, a mobilidade estratégica, associada com a mobilidade tática¹⁸, torna-se o objetivo principal do monitoramento/controlado e uma das bases do poder de combate, exigindo, das FA, ação que, mais do que conjunta, seja unificada, tendo em vista a vastidão do espaço a defender e a escassez de meios para fazê-lo. Assim, para desenvolver as capacidades de monitorar e controlar as AJB, necessita-se que o emprego da tecnologia de monitoramento esteja sob domínio nacional. Com base nessas tecnologias, desenvolver-se-á a capacidade de prover uma resposta rápida para qualquer ameaça ou agressão que se apresente (a mobilidade estratégica). O esforço de presença, a ser realizado pelas FA, sobretudo ao longo das fronteiras terrestres e nas partes mais destacadas do litoral, tem limitações intrínsecas, sendo a mobilidade que permitirá superar o efeito prejudicial de tais limitações (BRASIL, 2012c).

O objetivo estratégico nº 06 da Marinha do Brasil, previsto na END, prevê que o monitoramento da superfície do mar, a partir do espaço, deverá integrar o repertório de práticas e capacitações operacionais da Marinha, o que poderá ser plenamente alcançado com a prontificação do SisGAAz.

Como abordaremos mais adiante, a EMSAT provê a capacidade de monitorar qualquer transmissão satélite originada no território nacional e, principalmente, sobre as AJB, podendo identificar a presença de um contato de interesse, onde pensava-se ainda não existir um sistema nacional capaz de efetuar qualquer tipo vigilância.

De forma a dissuadir as forças hostis nas AJB, a MB deve estar preparada para defender-se das agressões e das ameaças. De acordo com o Glossário das Forças Armadas, a definição para defesa é a seguinte:

18 Mobilidade Tática é a aptidão para se mover dentro da região em questão (BRASIL, 2012c).

1. Ato ou conjunto de atos realizados para obter, resguardar ou recompor a condição reconhecida como de segurança. 2. Neutralização ou dissuasão de **ações hostis** que visem a afetar a segurança de uma organização militar ou ponto sensível, pelo emprego racional de meios adequados, distribuídos conforme um planejamento, devidamente controlados e comandados. 3. Reação contra qualquer **ataque** ou **agressão** real ou iminente (BRASIL, 2015b, p. 84, grifo nosso).

Para que a MB tenha condições de cumprir a sua missão, provendo pronta resposta para defender-se das ameaças, deverá possuir uma efetiva capacidade de monitoramento e controle das AJB, atividade fundamental para o êxito das operações militares e para a proteção dos recursos naturais vivos e não vivos da Amazônia Azul®.

2.2 Aspectos Legais

A Constituição da República Federativa do Brasil (CRFB) de 1988 estabelece no seu Art. 142, que as Forças Armadas são instituições destinadas “à defesa da Pátria, à garantia dos poderes constitucionais e, por iniciativa de qualquer destes, da lei e da ordem” (BRASIL, 1988).

A Lei Complementar (LC) nº 97/1999 dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas. A LC nº 117/2004 atualizou a LC nº 97/1999, definindo as atribuições subsidiárias específicas para as Forças Armadas. Para a MB e para a Força Aérea Brasileira (FAB) foram acrescentadas a cooperação com os órgãos federais na repressão aos delitos de repercussão nacional ou internacional, na forma de apoio logístico, de inteligência, de comunicações e de instrução, nos ambientes marítimo e aéreo, respectivamente.

Em 1999, houve uma alteração bastante significativa na LC nº 97/1999, por meio da LC nº 136/2010, proporcionando a principal reestruturação do Ministério da Defesa (MD), tendo sido criado o Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas (EMCFA), especificadas

novas atribuições do Ministro de Estado da Defesa e do Chefe do EMCFA, além da concessão do poder de polícia¹⁹ às Forças Armadas, na faixa de fronteira.

O Livro Branco de Defesa Nacional (LBDN), documento de caráter público, compreende a visão do governo e da sociedade brasileira sobre a Defesa Nacional. Foi criado pela LC nº 97/1999 sob a competência do Ministro de Estado da Defesa. Ao Poder Executivo cabe encaminhá-lo para a apreciação do Congresso Nacional, a cada quatro anos, com suas propostas de atualização (BRASIL, 2012a).

Posteriormente a apresentação do respaldo legal, veremos a seguir os aspectos teóricos de C2, de modo a proporcionar maior compreensão por parte do leitor.

2.3 Aspectos teóricos de Comando e Controle

Conforme comentado anteriormente, a crescente complexidade das crises e dos conflitos modernos e a necessidade de obtenção de vantagens decisivas nas operações militares tornaram o processo decisório cada vez mais dependente dos Sistemas de Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC)²⁰ que garantam aos comandantes a execução dos ciclos de comando e controle²¹, com rapidez, precisão e oportunidade (BRASIL, 2012b).

Assim, o processo de tomada de decisão envolve a obtenção de dados, a conjugação de fatores pertinentes, a obtenção e a manutenção da consciência situacional, até a

19 Poder de polícia é a “atividade de administração pública que, limitando ou disciplinando direito, interesse ou liberdade, regula a prática de ato ou abstenção de fato, em razão de interesse público concernente à segurança, à higiene, à ordem, aos costumes, à disciplina de produção e de mercado, ao exercício de atividades econômicas dependentes de concessão ou autorização do Poder Público, à tranquilidade pública ou ao respeito à propriedade e aos direitos individuais ou coletivos.” (BRASIL, 2015b, p. 211).

20 Sistemas de TIC integram os Sistemas de C2, proporcionando ferramentas por intermédio das quais as informações são coletadas, monitoradas, armazenadas, processadas, fundidas, disseminadas, apresentadas e protegidas. Permitem que um grande volume de informações seja disponibilizado aos diversos níveis de uma cadeia de comando (BRASIL, 2015a).

21 Este conceito será apresentado no item 2.5 – Ciclo de C2.

decisão propriamente dita. Nesse sentido, a atividade de C2 torna-se decisiva para o êxito das operações militares.

2.3.1 Comando e Controle

De acordo com o Ministério da Defesa, o conceito de C2, simultaneamente, é a ciência e arte que trata do funcionamento de uma cadeia de comando e envolve três componentes imprescindíveis e interdependentes:

- a) **a autoridade**, legitimamente investida, apoiada por uma organização, da qual emanam as decisões que materializam o exercício do comando e para a qual fluem as informações necessárias ao exercício do controle;
- b) **a sistemática de um processo decisório**, baseado no arcabouço doutrinário, que permite a formulação de ordens, estabelece o fluxo de informações e assegura mecanismos destinados à garantia do cumprimento pleno das ordens necessário ao seu cumprimento; e
- c) **a estrutura**, que inclui pessoal, instalações, equipamentos, doutrina e tecnologias necessários para a autoridade acompanhar o desenvolvimento das operações (BRASIL, 2015a).

De acordo com o DoD dos EUA, a definição oficial do termo Comando e Controle pode ser encontrada na publicação *“Joint Chiefs of Staff”*. Segundo ela, Comando, inclui a responsabilidade pelo uso efetivo dos recursos disponíveis, planejamento de emprego, organização, direção, coordenação e controle de forças militares para o cumprimento de missões designadas. Inclui também a responsabilidade pela saúde, bem-estar, moral e disciplina do pessoal designado. Esta definição subentende o Controle como parte do Comando (ALBERTS; HAYES, 2003).

2.3.2 Sistema de Comando e Controle

Sistema de Comando e Controle é o conjunto de instalações, equipamentos, sistemas de informação, comunicações, doutrinas, procedimentos e pessoal essenciais para o

decisor planejar, dirigir e controlar as ações da sua organização. Esse conceito abrange os três componentes do C2 citados anteriormente (BRASIL, 2015a).

Observa-se que as duas definições apresentam semelhanças e estão alinhadas entre si.

2.3.3 Consciência Situacional

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. Seu aprimoramento demandará significativo volume de informações sobre o ambiente de emprego, englobando o conhecimento sobre as situações amiga e inimiga.

A informação fornecida na quantidade e qualidade adequadas, para as pessoas certas e no momento oportuno, agregará valor na condução da atividade de C2. Dessa forma, a informação tem as dimensões de relevância, precisão e oportunidade. Quando essas dimensões chegam a cem por cento, um padrão superior no domínio da informação é atingido (BRASIL, 2015a).

2.3.4 Princípios de Comando e Controle

Os chamados Princípios de Comando e Controle são: Unidade de Comando, Simplicidade, Segurança, Flexibilidade, Confiabilidade, Continuidade, Rapidez, Amplitude, Integração e Informação (BRASIL, 2015a). Veremos no capítulo 4 que a maioria desses princípios são aplicados pela EMSAT.

2.3.5 O Domínio da Informação

O domínio por onde a informação tramita envolve civis e militares, sistemas e organizações, responsáveis por coletar, processar, disseminar ou executar ações a ela relacionadas. Ele se estabelece na situação em que seres humanos, empregando sistemas automatizados, observam, orientam-se, decidem e agem sobre ele, sendo também o principal produto do processo de tomada de decisão. Possui três componentes: o físico, o informacional e o cognitivo, conforme descrito a seguir:

- **Físico** – Composto pelos sistemas de TIC e suas respectivas infraestruturas, responsáveis por viabilizar que comandantes, devidamente assessorados, conduzam operações.
- **Informacional** – Composto pelo conteúdo da informação, juntamente com seus respectivos fluxos. Sobre esse componente ocorrem as ações de coleta, processamento, armazenamento, disseminação, apresentação e segurança.
- **Cognitivo** – Composto pela mente de decisores e públicos-alvo. Nesse componente do domínio da informação as pessoas pensam, percebem, visualizam e decidem. Sobre ele atuam as ordens, treinamento e motivações, constituindo-se no mais importante dos três componentes. Fatores como liderança, moral, coesão, emoções, estado de espírito, mídia, informações públicas e boatos exercem significativa influência sobre ele, podendo contribuir para degradar ou reafirmar a segurança do conteúdo da mensagem veiculada (BRASIL, 2015a).

2.4 O Processo Decisório

De acordo com a Doutrina para o Sistema Militar de C2, é o conjunto de ações realizadas pelo comandante e seu Estado-Maior para a tomada e execução das decisões. Deve levar em conta as ações que o inimigo possa vir a realizar, reconhecendo que cada oponente tentará impor a sua vontade. Decisões corretas e aplicadas rapidamente acarretarão em vantagem decisiva, influenciando o ambiente antes que o oponente utilize as informações disponíveis para a tomada de suas decisões (BRASIL, 2015a).

2.5 Ciclo de C2

De acordo com a Doutrina para o sistema militar de comando e controle, o Ciclo de C2 trata-se de um modelo adotado com o propósito de permitir a compreensão do funcionamento da atividade de C2. Serve como auxílio para a concepção e a avaliação dos processos de tomada de decisão e a busca da paralisia psicológica do oponente, a qual é comumente conhecida como paralisia estratégica. Este conceito foi largamente utilizado em conflitos do século XX, por teóricos contemporâneos como John Boyd²² (1927 – 1997), introduzindo o conceito do ciclo OODA (observar, orientar-se, decidir e agir) – (FIG. 4), e John Warden²³ (1943 –), que criou o modelo dos cinco anéis estratégicos (liderança, elementos orgânicos essenciais, infraestrutura, população e forças desdobradas), sendo a liderança o elemento central dos círculos, conforme mostrado na (FIG. 5) (BRASIL, 2015a).

Outro ponto importante a ser estudado é a capacidade de agir coletivamente e de forma rápida, o que pode fazer a diferença em C2. No passado, operar em conjunto significava a capacidade de reunir ou mobilizar forças. Na Era da Informação, entretanto, obteve-se um significado diferente. Mesmo com forças dispersas, passou-se a ser prioridade prover uma resposta rápida em momento oportuno. Para isso, é fundamental que as forças estejam integradas e sincronizadas. À medida que o tamanho da força ou a complexidade da operação se tornam maiores, a demanda de tempo para essa sintonia também aumenta. C2 não é somente o fator determinante na capacidade de resposta em tempo hábil, mas o principal.

22 Coronel **John Richard Boyd** foi um piloto da Força Aérea dos EUA e consultor do Pentágono no final do século XX. Suas teorias influenciaram fortemente os militares, esportistas, negociadores e advogados. Disponível em [https://en.wikipedia.org/wiki/John_Boyd_\(military_strategist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Boyd_(military_strategist)), Acesso em 09 jun. 2016.

23 **John Warden** impactou o futuro do poder aéreo da Força Aérea dos Estados Unidos. Ilustres historiadores militares, oficiais e outros especialistas concluíram que Warden definiu os termos da estratégia militar da Operação Tempestade no Deserto (1991), introduzindo uma nova abordagem para a condução da guerra. Disponível em https://en.wikipedia.org/wiki/John_A._Warden_III, Acesso em 09 jul. 2016.

Dessa forma, transformar C2 em Comando, Controle, Comunicações, Computação, Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (C4ISR)²⁴ é fundamental para enfrentar os desafios do presente (ALBERTS; HAYES, 2003).

A fim de adquirir as capacidades anteriormente mencionadas, uma força necessita de dois atributos fundamentais: agilidade e interoperabilidade. A interoperabilidade é a capacidade de sistemas, unidades ou forças de intercambiarem serviços ou informações e de empregá-los sem o comprometimento de suas funcionalidades. Para isso, é necessário que ocorra simultaneamente a comunicação e o compartilhamento de informações a fim de contribuir mutuamente. O nível em que as forças são interoperáveis afeta diretamente a sua capacidade de conduzir as operações (ALBERTS; HAYES, 2003; BRASIL, 2015a).

Nessa seção, foram apresentados os modelos conceituais de C2 com foco no ciclo de Boyd e na agilidade. Tais teorias servirão de base para a análise da doutrina de C2 e o seu emprego na utilização da Estação Terrena de Monitoração de Satélites Geoestacionários no capítulo 4.

24 O termo C4ISR em português significa Comando, Controle, Comunicações, Computação, Inteligência, Vigilância e Reconhecimento. É frequentemente empregado para representar os diversos sistemas que apoiam o C2 (BRASIL, 2015a).

3 MONITORAÇÃO DE SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS²⁵

Este capítulo abordará sobre as estações de monitoração de satélites geoestacionários, uma nova e poderosa tecnologia que pode ser empregada na segurança e defesa da soberania de um país. Será apresentada a teoria básica dos sistemas de comunicações satelitais e dos principais produtos gerados por essas estações de monitoração, alguns casos registrados de “jamming” (interferências intencionais) e as ações adotadas em seu combate. Por fim, será apresentada a EMSAT da ANATEL.

3.1 Considerações Gerais

Os primeiros sistemas satelitais surgiram em 1960. Até o final dessa década, 74 satélites (civis e militares) tinham sido lançados. Na década de 1970, com a evolução da tecnologia e redução nos custos de implantação, mais de 70 novos satélites foram lançados. Já na década de 1980, aproximadamente 100 países já prestavam serviços dessa tecnologia, com o surgimento dos terminais VSAT (Very Small Aperture Terminal)²⁶. Na década de 1990, outro salto tecnológico permitiu a operação em novas frequências assim como o surgimento do “processamento embarcado”, que significa a alteração do o comportamento dos novos satélites de simples repetidores para concentradores de telecomunicações no espaço (JUNIOR, 2008).

Num cenário de grande demanda por esse escasso e valorizado serviço, são necessários planejamento e coordenação para o uso mais eficiente desta tecnologia. Surge assim a necessidade de monitorar e fiscalizar a qualidade dos serviços e recursos (órbita,

25 Os itens 3.1 ao 3.5 tiveram como referência o artigo “Monitoração de Satélites Geoestacionários – Ampliando a capacidade de Guerra Eletrônica”, publicado na Revista Passadiço, edição 2015.

26 VSAT do inglês “*Very Small Aperture Terminal*”, refere-se a qualquer terminal fixo usado para prover comunicações interativas, ou recepção apenas, sempre passando pelo satélite qualquer transmissão terrestre até o receptor. (http://www.gta.ufrj.br/grad/02_2/vsat/definicao.htm, Acesso em 20 jun. 2016).

equipamentos e mão de obra) empregados. A União Internacional de Telecomunicações (UIT)²⁷, agência especializada da Organização das Nações Unidas (ONU)²⁸, é um exemplo de colaboração cuja missão é estabelecer um padrão internacional de qualidade e disponibilidade desses serviços.

O Brasil, com o objetivo de garantir a sua soberania e cumprir a Lei Geral de Telecomunicações (LGT) nº 9.472/97 (marco legal para o setor de telecomunicações) devido à realização dos grandes eventos a serem realizados em seu território (Copa do Mundo em 2014 e Jogos Olímpicos em 2016) (ANATEL, 2015b), viabilizou pela ANATEL a construção da EMSAT, concluída em 2014. Com sua ativação, o Brasil tornou-se a 8ª nação a possuir a capacidade de fiscalizar e monitorar comunicações satelitais, passando a integrar o restrito grupo de países como Alemanha, Japão, Cazaquistão, Estados Unidos, Coreia do Sul, Ucrânia e China além de ser a nação pioneira no hemisfério sul a possuir esta infraestrutura (ANATEL, 2014).

3.2 As Comunicações Satelitais

Em 1945, Arthur C. Clarke (1917 – 2008)²⁹ descreveu num artigo que seria possível interligar as comunicações de praticamente todo o planeta utilizando apenas três

27 A UIT é a Agência do Sistema das Nações Unidas dedicada a temas relacionados às Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs). Coordena o uso global compartilhado do espectro de radiofrequência, promove a cooperação internacional na área de satélites orbitais, trabalha na melhoria da infraestrutura de telecomunicações junto a países em desenvolvimento, estabelece normas mundiais para prover interconexão entre vários sistemas de comunicação, além de dedicar especial atenção a temas emergentes mundiais tais como mudanças climáticas, acessibilidade e fortalecimento da segurança cibernética. (<https://nacoesunidas.org/agencia/uit/>, Acesso em 02 jul. 2016).

28 A Organização das Nações Unidas é uma organização internacional formada por países que se reuniram voluntariamente para trabalhar pela paz e o desenvolvimento mundiais. (<https://nacoesunidas.org/conheca/>, Acesso em 02 jul. 2016).

29 Arthur C. Clarke nasceu na cidade litorânea de Minehead, Somerset, Inglaterra, em 16 de dezembro de 1917. Em 1936, ele se mudou para Londres, onde se juntou a Sociedade Interplanetária Britânica. Lá ele começou a escrever material de astronáutica e ficção científica na Sociedade Britânica Interplanetária. (<http://www.imdb.com/name/nm0002009/>, Acesso em 02 jul. 2016).

estações orbitais repetidoras. Seu trabalho, à vanguarda de seu tempo, foi o precursor da definição conhecida hoje como sistema orbital geoestacionário (CLARKE, 1945).

A tabela 1 apresenta uma descrição das características operacionais dos satélites de acordo com a sua classificação: baixa, média, elíptica ou geoestacionária:

<i>Classificação</i>	<i>Órbita</i>	<i>Revolução</i>	<i>Atraso (ms)</i>	<i>Altura (km)</i>
Baixa	LEO	1h30m a 2h	7,5	500 a 900
Média	MEO	3h30m a 7h	40 a 90	5.000 a 12.000
Elíptica	HEO	12h	7,3 a 350	450 a 40.000
Geoestacionária	GEO	23h56m4,09s	270	35.786

Tabela 1: Características operacionais dos satélites.

Algumas características da órbita geoestacionária são a velocidade tangencial de 11.069 km/h, o período de revolução³⁰ de aproximadamente vinte e quatro horas e órbita circular sobre o paralelo do Equador. Os satélites de comunicação e os meteorológicos giram nessas órbitas, muito distantes da Terra, a cerca de 36.000 quilômetros de altitude. Esse tipo de órbita é apropriada para esses tipos de satélites, pois permite manter sua antena apontada sempre para uma mesma região da Terra e assim captar e transmitir dados de extensas áreas com grande frequência. Os satélites de comunicações possibilitam transmitir milhões de chamadas telefônicas, mensagens e informações pela internet em tempo real para todas as partes do mundo (FLORENZANO, 2008).

Apesar de possuir maior utilização nas comunicações, seu uso é conveniente devido à sua posição praticamente fixa, permitindo vantagens na relação custo/benefício. A cobertura máxima é 38% da superfície do planeta e o desvio Doppler³¹ é muito menos significativo quando comparado às demais órbitas. Todavia os satélites geoestacionários

30 Período de tempo para completar uma volta em torno da Terra.

31 Este efeito é descrito como uma característica observada em ondas emitidas ou refletidas por fontes em movimento relativo ao observador. (<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/doppler.php>. Acesso em 03 jul. 2016).

sofrem forças gravitacionais do Sol, da Lua e da Terra e, por esse motivo, eles necessitam ser corrigidos de tempos em tempos para manter-se dentro de sua área de operação.

Satélites de comunicações possuem no mínimo três sistemas: manutenção de órbita, alimentação e de comunicações e são basicamente estações repetidoras de sinais. As faixas de frequências destinadas às comunicações satelitais são: frequência ultra-alta (UHF), frequência superalta (SHF) e frequência extremamente alta (EHF). A tabela 2 a seguir apresenta as bandas de comunicações satelitais, junto às respectivas frequências e faixa de frequência a que pertencem:

<i>Banda</i>	<i>Faixa</i>	<i>Frequência (GHz)</i>
L	UHF	1,5 a 1,65
S		2,4 a 2,8
C		3,4 a 7,0
X	SHF	7,9 a 9,0
Ku		10,7 a 15,0
Ka		18,0 a 31,0
Q	EHF	40,0 a 50,0
V		60,0 a 80,0

Tabela 2: Frequências disponíveis para as comunicações satelitais (IEEE)³²

O transpônder nada mais é do que o conjunto de sistemas de comunicações do satélite, responsável pela recepção, amplificação e retransmissão do sinal à Terra. Alguns transpônderes possuem processamento a bordo, sendo capazes de amplificar o sinal recebido, demodulá-lo, regenerá-lo, remodulá-lo e reamplificá-lo para ser retransmitido. A amplificação de saída é proporcional à energia do sinal de entrada. Assim, quanto maior a energia incidente no receptor do transpônder, maior será a energia aplicada para a retransmissão à Terra.

32 IEEE significa Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos e é a maior organização profissional técnica do mundo dedicada a tecnologias avançadas em benefício da humanidade. Disponível em <https://www.ieee.org/about/index.html?WT.mc_id=head_bm>, Acesso em 01 ago. 2016).

3.3 O problema das Interferências

As interferências normalmente não podem ser eliminadas facilmente. Nas comunicações por satélites, elas acontecem frequentemente, sendo observadas com maior presença nas faixas mais altas. Nesse caso elas devem ser administradas, mantendo-se uma relação sinal ruído³³ de um canal dentro de limites toleráveis.

Organizações como o “Grupo de Redução de Interferências de Satélites” (*The Satellite Interference Reduction Group* – SIRG) visam combatê-las de maneira contínua, uma vez que os recursos disponíveis são escassos e os investimentos elevados. Atitudes como mudar o tráfego para outro satélite ou até mesmo a frequência da operação, nem sempre resolvem o problema e causam prejuízos por vezes de milhões de dólares, sem contar os transtornos sociais e políticos (SMALL MEDIA REPORT, 2012).

São muitos os possíveis tipos de interferências presentes nas comunicações via satélite: o erro humano, interferência em satélite adjacente, interferência terrestre, interferência deliberada, polarização cruzada, intermodulação, interferência solar e cintilação que é a variação de energia do sinal.

O tipo de interferência por satélite adjacente normalmente é acidental, pois uma pequena variação no azimute (direção) da antena ($0,75^\circ$) de uma estação terrena pode acarretar numa variação de 3 dB (o dobro da potência) no receptor do satélite. Devido ao fato dos satélites geoestacionários encontrarem-se espaçados por somente 2° (dois graus), uma pequena variação nesse azimute pode causar uma transmissão indesejada no satélite

33 O parâmetro "relação sinal/ruído" (signal/noise ratio) indica a diferença entre o nível mais alto de sinal que o equipamento pode operar e o nível de ruído existente no aparelho (<http://www.midideejay.com/2009/05/relacao-sinalruído-e-faixa-dinamica.html>, Acesso em 02 jul. 2016).

adjacente. A ocorrência desse tipo de interferência no satélite adjacente é o que permite aos sistemas de monitoramento efetuarem a geolocalização de fontes transmissoras (FIG. 6).

A interferência deliberada (FIG. 7) é definida como uma interferência intencional. Ela tem como objetivo gerar prejuízo financeiro, operacional ou político. Ela pode tornar inviável o uso de um canal, de um transpônder ou de até mesmo todo o satélite e estão se tornando piores à medida que o número de estações terrestres capazes de fazer transmissões aumenta, particularmente em altas frequências como na banda Ku, com pequenas antenas. Desta forma, pode-se afirmar que a interferência deliberada é um segmento da Guerra Eletrônica (GE)³⁴ orientada para as comunicações satelitais.

Em alguns países como o Irã, por exemplo, o “jamming” é um problema real. Como em outros países, a mídia televisiva via satélite se caracteriza por ser uma ferramenta para promoção de democracia, liberdade de expressão e informações sem censura, principalmente naqueles governados por regimes autoritários. Aproximadamente 120 canais de televisão na língua persa são transmitidos, o que para o governo é considerado uma afronta às suas crenças e costumes.

Nesses casos, a despeito de não serem oficialmente confirmadas, as interferências nas comunicações satelitais têm como objetivo o controle das informações que chegam aos seus habitantes. Em 2003, houve um caso de interferência deliberada nesse país, com origem em Havana, Cuba, onde canais de televisão na língua persa, produzidos na Califórnia (EUA) foram bloqueados. Autoridades cubanas informaram que a origem da interferência era no sítio

34 Define-se Guerra Eletrônica como o conjunto de ações que:

- utilizam a energia eletromagnética para destruir, neutralizar ou reduzir a capacidade de combate do oponente;
- buscam tirar proveito do uso do espectro electromagnético pelo oponente; e
- visam a assegurar o emprego eficiente das emissões eletromagnéticas próprias

Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Guerra_eletr%C3%B3nica>, Acesso em 02 jul. 2016).

da embaixada Iraniana em Havana, porém não foi oficialmente noticiado naquele momento de quem seria a responsabilidade pela interferência. Por fim, o governo cubano acabou se responsabilizando pelo ato. Em 2005 e 2006, fato semelhante ocorreu com origem na Bulgária e, posteriormente, na Líbia. Mediante pressão internacional, não foram mais observadas interferências provenientes de regiões externas ao Irã, sendo detectadas transmissões de interferência deliberadas apenas dentro do seu próprio território³⁵.

Outro exemplo de ocorrência de interferências deliberadas foi na guerra do Iraque, quando ocorreu o crescimento das comunicações satelitais comerciais nas operações militares. Na operação “Tempestade do Deserto” (1990-1991) a relação era de 1 Mbps para cada 5000 militares. Já na operação “Liberdade do Iraque” (2003) a relação foi de 51 Mbps para cada 5000 militares. Hoje, estima-se que essa relação tenha aumentado para 120 Mbps para cada 5000 militares. Esse crescimento pode ser explicado pela grande utilização dos terminais VSAT, gerando uma demanda não atendida em sua totalidade devido à limitação das comunicações satelitais exclusivamente militares (na operação “Liberdade do Iraque”, 84% das comunicações via satélite foram providas por empresas comerciais). Conclui-se que hoje é impraticável conduzir um conflito armado sem a utilização de comunicações satelitais. Além disso, fica evidente que caso não ocorra um planejamento estratégico, as mesmas poderão transformar-se em uma vulnerabilidade crítica para as NCW, conforme citado na introdução (RAUSCH, 2006).

Entre os anos de 2010 e 2012, foi observado um aumento considerável de interferências deliberadas no Oriente Médio. Segundo dados da empresa Eutelsat (3ª maior operadora de comunicações via satélite), indo de 54 para 340 casos em 2012. A área de

35 Disponível em <http://www-tc.pbs.org/wgbh/pages/frontline/tehranbureau/SatelliteJammingInIranSmallMedia.pdf> Acesso em 01/08/2016).

ocorrência do “jamming” foi do Noroeste da Europa ao Afeganistão, afetando milhares de pessoas, principalmente por conta do efeito colateral do “jamming”. Foram constatadas 90% das ocorrências tendo origem no Irã e na Síria³⁶.

3.4 A Guerra Eletrônica nas comunicações satelitais

Nesse tipo de comunicação, utiliza-se o termo “jamming” (literatura técnica) para denominar uma interferência deliberada ou intencional. A localização da fonte emissora desses sinais pode ser até mesmo em regiões externas ao território afetado, longe das fronteiras continentais. O “jamming” satelital pode ser de origem orbital ou terrestre, como veremos a seguir:

- “Jamming” orbital: uma transmissão legítima é recebida acompanhada de uma ilegítima, na mesma frequência e estas se combinam. A portadora³⁷ ilegítima eleva o ruído no canal, comprometendo a portadora legítima. De igual modo, se a portadora ilegítima possuir uma energia muito elevada, além de interferir na frequência determinada, poderá saturar o amplificador de descida (*downlink*) do satélite, fazendo com que este opere em um regime não linear, comprometendo todos os enlaces existentes do transpônder. Uma portadora ilegítima simplesmente com a metade da energia de uma portadora legítima poderá ter a capacidade de interromper as comunicações. Os satélites geoestacionários, justamente pelo fato de estarem numa posição fixa em relação à terra, estão mais sujeitos a sofrerem este tipo de “jamming”.

- “Jamming” terrestre: nesse caso, ocorre a transmissão de uma portadora terrestre que interfere nos equipamentos de recepção das estações terrenas e terminais VSAT. Em áreas

36 Disponível em <<http://www.spacesafetymagazine.com/aerospace-engineering/cyber-security/europes-eutelsat-adopts-technology-deliberate-jamming-channel-signals-upcoming-satellite/>>, Acessado em 09/07/2016.

37 Para facilitar a transmissão do sinal através dos meios físicos, e adequar as frequências aos sistemas de comunicação, se utiliza a chamada onda portadora, em cima da qual viaja o sinal a ser transmitido. Disponível em <<http://penta.ufrgs.br/Alvaro/porta.html>>, Acesso em 09/07/2016.

urbanas o alcance dessa interferência pode chegar de 3 a 5 km de raio e nas áreas rurais até 20 km. Serviços de comunicações terrestres podem ser afetados e há relatos de que a exposição a estas transmissões podem também ser prejudiciais à saúde. A figura 06 apresenta os tipos de interferência deliberada por jamming Orbital e Terrestre.

O “jamming” pode ocorrer por intermitência ou onda contínua (CW). A onda contínua apresenta-se como um “jamming” mais agressivo, visto que eleva a relação sinal ruído. Apesar disso, pela sua natureza, torna-se mais fácil localizar a fonte emissora. Com a origem intermitente, somente é possível a localização da fonte enquanto ocorre a interferência.

Caso a fonte da interferência não seja uma posição fixa, sua localização, para ambos os tipos de “jamming”, pode ser dificultada. Sistemas importantes como o “Serviço de Navegação Global por Satélite” (GNSS) e o “Sistema de Posicionamento Global” (GPS) também podem ser afetados por interferências provocadas por equipamentos ilegais, baratos e facilmente encontrados no comércio virtual (WEEDEN, 2013). No “jamming” orbital, caso o feixe da transmissão esteja bem direcionado ao satélite, a geolocalização da fonte pode tornar-se impossível pois os satélites adjacentes podem não receber uma parcela mínima de energia proveniente dos lóbulos secundários, impossibilitando a retransmissão destes à Terra.

Estudos apontam que as interferências deliberadas totalizam menos de dez por cento do total das interferências detectadas. Aquelas provocadas por erro humano giram em torno de 60% e as de origem desconhecida em sete por cento. Com essas expectativas, pode-se questionar até que ponto as interferências classificadas como erro humano são realmente não propositais? Num cenário menos favorável, pode-se deduzir que o limite para interferências deliberadas poderia chegar a até 77% (RAUSCH, 2006).

3.5 Geolocalização de Interferências nas Comunicações Satelitais

A monitoração e a geolocalização de satélites geoestacionários são poderosas ferramentas e de alto valor estratégico para a soberania de um país. As informações disponibilizadas são referentes a todos os satélites geoestacionários que façam cobertura de determinado território. Pode-se obter dados como: identificação do uso não autorizado, ocupação de posições orbitais, estado operativo dos transponders, caracterização de sinais, histórico de medidas, acompanhamento de migrações de tráfegos entre satélites, testes de compatibilidade eletromagnética e obtenção de diversos parâmetros técnicos, o que permite a obtenção de informações sobre a fonte emissora. Caso o sinal interferente possa ser demodulado, a identidade do transmissor pode ser obtida.

Quanto à tecnologia de geolocalização, já é possível localizar uma fonte transmissora terrena com erro de até 10 km (ANATEL, 2013). Este processo é realizado com a utilização de um par de antenas para a mesma faixa de frequência em operação. A teoria chave de seu funcionamento é o desvio de frequência Doppler.

Durante a transmissão de uma estação terrena a um satélite, a abertura do lóbulo de transmissão de subida (*uplink*) pode fazer com que uma fração da energia incida em satélites adjacentes. Estes então retransmitem à Terra uma réplica de menor energia do sinal originalmente transmitido. A localização da fonte transmissora é calculada por dois parâmetros obtidos pela estação de monitoração: o desvio da diferença de tempo (DTO) e o desvio da diferença de frequência (DFO), os quais serão explicados a seguir.

Os parâmetros DFO e DTO são consequência das diferenças de velocidade orbitais, dos vetores de distância de enlace. São apresentados por unidades em “Hz”³⁸ e “ms”³⁹, respectivamente. As transmissões vindas por caminhos diferentes são correlacionadas com as diferenças DTO e DFO e, no momento da observação, produz-se então as linhas de posição (LDP) na Terra onde a primeira linha (DTO) marca a longitude e a segunda linha (DFO) marca a latitude. A interseção de ambas linhas na projeção da superfície do globo terrestre fornece a geolocalização da fonte transmissora (YAN, 2010).

A linha de longitude é determinada pela diferença do tempo de chegada dos sinais de ambas antenas e é computado por correlação-cruzada⁴⁰. Geralmente isso não é um problema, visto que a maioria dos satélites são espaçados de 1° de longitude e mesmo que eles sejam espaçados por 2°, ainda é possível determinar a posição oeste-leste com uma boa precisão. Já na linha de latitude é observada uma certa dificuldade em sua obtenção devido a esta ser derivada dos movimentos dos satélites e suas inclinações em órbita. Como quase todos os satélites geoestacionários possuem baixa inclinação (menores a 0,025°) e produzem pequenos movimentos norte-sul, pode ficar comprometida a precisão na obtenção da linha de latitude (GRANT; SALT; DODDS, 2013).

38 O hertz (símbolo Hz) é a unidade de medida derivada do SI para frequência, a qual expressa, em termos de ciclos por segundo, a frequência de um evento periódico, oscilações (vibrações) ou rotações por segundo. Disponível em <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Hertz>>, Acesso em 05 ago. 2016.

39 Milissegundo (ms) é uma unidade de medida de tempo. Corresponde a 10⁻³ segundos, ou seja, um milésimo de segundo. Atualmente é usado para medir o tempo que demoramos a enviar software pela internet, por exemplo: 1ms = 0,001s ou 1s = 1000ms. Disponível em <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Milissegundo>>, Acesso em 05 ago. 2016.

40 Em processamento de sinais, **relação cruzada** ou **correlação cruzada** é uma medida de similaridade entre dois sinais em função de um atraso aplicado a um deles. A relação cruzada é frequentemente utilizada quando se deseja procurar por um sinal de curta duração que esteja inserido em um sinal mais longo (https://pt.wikipedia.org/wiki/Rela%C3%A7%C3%A3o_cruzada, Acesso em 03/07/2016).

3.6 A Estação Terrena de Monitoração de Satélites Geoestacionários (EMSAT)

A EMSAT foi inaugurada no dia 30 de maio de 2014 pela ANATEL e está localizada no interior da Estação Rádio da Marinha no Rio de Janeiro (ERMRJ), Ilha do Governador. Avaliações técnicas foram realizadas previamente nos estados de Goiás, São Paulo e no Distrito Federal, tendo sido escolhido o estado do Rio de Janeiro, em função da localização das operadoras e centros de controle de satélites, avaliação de cobertura de satélites e compartilhamento de recursos. O projeto de construção foi executado pela empresa Alcatel-Lucent em aproximadamente sete meses, com um investimento da ordem de R\$ 15.000.000,00 (quinze milhões de reais) (ANATEL, 2015a).

Seus três objetivos principais são: atender aos grandes eventos internacionais (Copa de 2014 e Olimpíadas de 2016), proporcionar um legado ao Brasil com uma nova ferramenta de gestão de espectro e órbita de satélites, além de realizar uma cooperação internacional com a UIT para o uso eficiente do espectro eletromagnético e órbita internacional, com a capacidade de combater interferências.

Ainda na fase de sua concepção, foi estabelecida uma parceria estratégica com a Marinha do Brasil, pela própria localização da EMSAT (dentro de uma Organização Militar da Marinha) e da possibilidade de sua utilização em proveito da segurança nacional (ANATEL, 2015a).

Atualmente, no arco orbital sobre o Brasil, estão em operação 14 satélites nacionais, com a previsão de lançamento de mais 8 que estão em fase de testes. Dentre suas principais aplicações, podemos citar:

- Mitigação de interferências prejudiciais em comunicações via satélites, com a possibilidade de geolocalização de fontes emissoras que venham a prejudicar transmissões de televisão, rádio, de banda larga e de sistemas de controle de espaço aéreo via satélites;
- Radiomonitoração automatizada, detecção pró-ativa, identificação e geolocalização de emissões não autorizadas ou com irregularidade técnica;
- Avaliação do uso eficiente do espectro espacial e ocupação de posições orbitais por redes (nacionais e estrangeiras) notificadas à UIT (suporte ao processo de coordenação por meio de Cooperação Técnica Internacional);
- Autonomia para realizar testes, medições e estudos de compatibilidade eletromagnética necessários para coordenação e convivência de usuários e serviços em faixas adjacentes (ex.: Regulamentação de condições de uso de Rádio Frequência - RF);
- Suporte no tratamento de interferências internacionais via UIT;
- Acompanhar a entrada de novos satélites em operação;
- Testar novas tecnologias para identificação de estações transmissoras, estudos de efeitos atmosféricos (ex.: atenuação por chuva) sobre comunicações por satélites e novas modulações; e
- Suporte à ativação ou manutenção de estações terrenas satelitais militares e cooperação com a MB para a Segurança Nacional (ANATEL, 2015a).

Dentre as características técnicas da EMSAT, podemos citar:

- Monitoração de “*downlink*”;
- Está licenciada para efetuar medidas nas bandas UHF, L, S, X, C, Ku e Ka e pronta para efetuar medidas nas bandas C, Ku e Ka;
- Faz apenas recepção de satélites geoestacionários;

- Pode atuar com Planos de Monitoração, dados históricos (banco de dados) e alarmes; e
- Possui a facilidade de operação remota (ANATEL, 2015a).

Conforme podemos observar na figura 08, a EMSAT é constituída de 7 antenas, todas elas sendo utilizadas para a monitoração, dentre as quais, dois pares também são utilizados para a geolocalização, uma na banda C e outro na banda Ku. As figuras 09, 10 e 11 nos fornecem alguns exemplos de geolocalização realizada pela EMSAT.

Diante dos elementos apresentados, conclui-se que: a gestão do espectro espacial e terrestre está se tornando uma tarefa cada vez mais complexa. A mitigação de interferências por meio de ferramentas de gestão integradas, torna-se fundamental para o licenciamento e a fiscalização desse espectro. A EMSAT está equipada com uma ferramenta poderosa que deve ser bem aproveitada pelo país, com recursos de alto potencial, compartilhados com a MB para também servir para fins de defesa. Além disso, a cooperação internacional no processo de Radiomonitoração espacial é fundamental para gestão do espectro e órbita de maneira eficiente, e livre de interferências, sendo a EMSAT um recurso oportuno para a projeção do Brasil no contexto internacional.

Quanto à interoperabilidade da EMSAT com a MB, foi disponibilizado um terminal de acesso no Centro de Controle de Comunicações (CCC) da ERM RJ, onde podem ser acessados os dados obtidos pela EMSAT, mas principalmente compartilhados com outras OM da MB, tais como o CGEM, a quem cabe a atribuição de orientação técnica nessa área de conhecimento.

Vale a pena destacar que alguns militares da MB receberam capacitação por meio de cursos, para utilizarem a EMSAT de acordo com as necessidades da MB, conforme previsto no Termo de Referência do Projeto da EMSAT (ANATEL, 2013).

4. ANÁLISE DA DOUTRINA DE C2 E O SEU EMPREGO NA UTILIZAÇÃO DA EMSAT

Conforme apresentado anteriormente, o princípio da Unidade de Comando está relacionado ao tema em objeto deste estudo, pois compreende a ideia básica de um sistema de comunicações seguro e confiável entre as forças em operação, o que poderá ser favorecido pela capacidade da EMSAT em monitorar e mitigar uma interferência indesejável. O princípio da Segurança é aquele que mais se relaciona com o tema em objeto neste estudo, pois consiste em negar, dificultar ou identificar o acesso não autorizado às informações tramitadas pelas forças amigas, protegendo-as e restringindo a liberdade de ação do oponente em realizar ataques aos pontos sensíveis do sistema de C2. Uma das finalidades da EMSAT é a garantia de comunicações satelitais seguras, como visto no capítulo anterior. O Princípio da Confiabilidade visa proporcionar credibilidade aos sistemas de C2 para os seus usuários e está ligado ao Princípio da Continuidade, pois estabelece que esses sistemas devem operar ininterruptamente, o que também é facilitado pelas capacidades da EMSAT. A questão da Integração também está relacionada ao objeto deste estudo, pois um sistema de C2 de um determinado escalão não é isolado e deve ter a capacidade de compartilhar informações com outras organizações, tais como as FA. Por fim o Princípio da Informação também está diretamente relacionado ao Sistema em estudo, pois seu produto principal é a garantia de que a troca de informações entre as estações não será afetada por elementos adversos.

Atualmente, a forma como se absorvem, assimilam, manipulam e transformam dados está cada vez mais atrelada a estudos científicos e o seu conceito e utilidade definem a forma como homens, organizações e sistemas interagem. No capítulo 2 foi afirmado que as

missões de hoje diferem das tradicionais não apenas em sua essência, mas qualitativamente, requerendo o esforço de capacidades coletivas de muitas organizações para obter sucesso.

Agir coletivamente e de forma rápida, faz a diferença em C2. Observa-se que a EMSAT cumpre esse requisito, pois já está integrada com a MB de modo que esta possa utilizar o seu principal produto que é a informação para o cumprimento de suas atribuições.

De acordo com a Doutrina para o sistema militar de comando e controle, o Ciclo de C2 trata-se de um modelo adotado com o propósito de permitir a compreensão do funcionamento da atividade de C2. Dentre os dois modelos citados (FIG 4 e FIG 5), o ciclo OODA, utilizado como referência, é um dos modelos mais aplicáveis ao C2. Segundo ele, qualquer ação integrante de um processo decisório é parte de uma de suas quatro fases. Na primeira delas, “Observar”, percebe-se o cenário no qual se deseja atuar, captando-se o maior número possível de estímulos que influenciam o ambiente operacional, provenientes de sensores e dos diversos escalões envolvidos. Na fase “Orientar-se”, as percepções coletadas na fase anterior são condensadas, interpretadas e analisadas em um contexto geral, de modo a delinear uma compilação atualizada do quadro, quando serão identificadas as ameaças prováveis ou reais, os riscos e suas consequências. A partir dessa análise, serão formuladas as linhas de ação a serem apresentadas ao decisor. Na fase “Decidir”, o comandante toma decisões com base no quadro formado na fase anterior e nas possíveis linhas de ação, emitindo as ordens aos escalões subordinados. Durante a fase “Agir”, os comandantes de escalões subordinados executam as ordens superiores, realizando ações específicas, atuando sobre o ambiente operacional e exigindo atualização de informações e iniciando um novo ciclo de C2.

O comandante que completar o ciclo antes do adversário influencia o quadro a partir do qual as decisões do outro lado são tomadas, obrigando o oponente a interromper o seu ciclo e refazê-lo, o que proporciona vantagem ao comandante que utilizá-lo mais rápido. Quanto menor a duração deste ciclo, mais ágil é o processo decisório. A figura 12 representa a interação de dois ciclos oponentes. O ciclo representado em linha contínua, foi concluído mais rapidamente, o que determinou vantagem ao seu executante, tendo em vista que o seu oponente, cujo ciclo está representado em linha pontilhada, terá que reiniciá-lo, a cada nova situação que se apresenta. Caso a percepção do ambiente for falsa, inadequada ou incompleta, ou se as informações forem analisadas incorretamente, a velocidade na qual o ciclo será empregado, não será, no entanto, suficiente para garantir sua efetividade e este não afetará o ambiente de acordo com a intenção do comandante, sendo afetado pela qualidade e não pela velocidade da informação (BRASIL, 2015a). Como foi apresentado, o emprego de satélites na era da informação está cada vez maior. Por sua vez, a utilização das comunicações em HF (High Frequency) encontra-se em caráter secundário e cada vez mais em desuso. Tal assertiva permite concluir que a EMSAT será cada vez mais utilizada pela MB, seja em tempo de paz ou de guerra, como um recurso indispensável de fonte de dados de inteligência operacional, uma vez que está relacionada às comunicações satelitais.

Além disso, a EMSAT minimiza as vulnerabilidades da comunicação satelital mitigando a ocorrência de interferências nos satélites localizados no arco orbital brasileiro, o que permite obter-se uma maior confiabilidade e disponibilidade para as esse tipo de comunicação. Um sistema de C2 adequado, permite a conclusão do Ciclo de C2 de forma mais rápida do que o inimigo. A EMSAT não pode ser comparada ao SisGAAz, porém se utilizada adequadamente e com a plenitude de seus recursos, ela pode ser bastante proveitosa

para a MB, como fonte de dados de Inteligência Operacional, permitindo a realização do ciclo OODA (observar, orientar-se, decidir e agir) com a rapidez necessária (FIG. 12).

Com o emprego da EMSAT em benefício da defesa nacional, por meio da geolocalização, o emprego de meios em PATNAV continuará sendo necessário, mas poderá ser feito de maneira otimizada e inteligente, ao serem identificadas áreas nas AJB onde estão ocorrendo transmissões satelitais, decorrentes da presença de contatos de interesse, os quais poderão até mesmo serem identificados por meio da análise das características do sinal. Assim, poder-se-á evitar que esses contatos de interesse explorem recursos vivos e não vivos da nossa Amazônia Azul® sem a devida autorização. Nesse aspecto, a EMSAT poderá contribuir para o cumprimento das atribuições subsidiárias da MB, e, conseqüentemente para o cumprimento de sua missão. Vale ressaltar que a observação de sucessivas transmissões satelitais em um mesmo ponto ou região, poderá significar a presença de um contato de interesse parado ou deslocando-se lentamente, o qual poderá estar realizando atividades de pesca ou pesquisa, cabendo, nesse caso, uma investigação no local com os meios navais.

Em função da EMSAT ser uma estação de monitoração, ela opera apenas na recepção, conforme apresentado anteriormente. Para que ocorra então a detecção de um contato de interesse, faz-se necessário que esse contato realize pelo menos uma transmissão satelital para que possa ser detectado. Assim, pode-se deduzir que se esse contato de interesse permanecer em silêncio rádio durante toda a sua permanência ou passagem pelas AJB, ele não será detectado, a não ser que um navio ou aeronave realizando PATNAV esteja passando pelas suas proximidades.

Desta forma, conclui-se que a tecnologia empregada na EMSAT está no estado da arte a nível mundial em monitoração de satélites, sendo um recurso pronto, moderno e

disponível para ser utilizado em atividades de interesse da segurança nacional. Sua infraestrutura é bastante flexível, permitindo ampliação para monitorar outras faixas de frequências como por exemplo a banda X, utilizada nas comunicações militares.

5. CONCLUSÃO

A tecnologia empregada na EMSAT encontra-se no estado da arte a nível mundial em monitoração de satélites, sendo um recurso pronto, moderno e disponível para ser utilizado em atividades de interesse da segurança nacional. Com sua ativação, o Brasil tornou-se a 8ª nação a possuir a capacidade de fiscalizar e monitorar comunicações satelitais, passando a integrar um restrito grupo de países, além de ser a nação pioneira no hemisfério sul a possuir esta infraestrutura.

Desenvolvida primordialmente para a realização dos dois grandes eventos mundiais no país: a Copa do Mundo FIFA de 2014 e os Jogos Olímpicos Mundiais de 2016, a EMSAT constitui um poderoso e moderno recurso, que poderá ser empregado pelo país, não somente para a manutenção da garantia das comunicações satelitais realizadas pelos meios civis, mitigando interferências orbitais ou terrestres, mas também para fins militares, caracterizando-se num sistema dual. O sistema proporcionará um legado ao Brasil com uma nova ferramenta de gestão de espectro e órbita de satélites, além de realizar uma cooperação internacional com a UIT para o uso eficiente do espectro eletromagnético e órbita internacional.

Diante da responsabilidade de proteger o patrimônio da Amazônia Azul®, e em função da indisponibilidade de um sistema completo de C2 para monitorar e controlar as AJB, o presente trabalho identificou que EMSAT pode contribuir para o incremento da capacidade de C2 da MB sobre a Amazônia Azul®, executando atividades de monitoramento das transmissões satelitais realizadas por qualquer contato de interesse ao longo das AJB.

Como um dos seus maiores benefícios práticos, vislumbra-se o emprego da EMSAT otimizando o emprego de meios nas atividades de PATNAV, empregando-os de maneira inteligente e direcionada para os pontos ou áreas obtidas por meio do processo de

geolocalização. Pode-se também empregar a EMSAT em benefício das Operações Conjuntas e Combinadas, além de prover uma resposta rápida para qualquer ameaça ou agressão que se apresente.

Uma vez que já foi estabelecida a interoperabilidade com a MB, os recursos e potencialidades da EMSAT podem e devem ser explorados continuamente, tendo em vista que se trata de um sistema nacional, com a capacidade de obtenção de dados estratégicos de inteligência operacional, obtidos por meio do monitoramento dos satélites geoestacionários, localizados sobre o arco orbital do Brasil. Caso sejam utilizados eficientemente, tais recursos poderão contribuir significativamente para o cumprimento da nova missão constitucional da MB e também para o exercício da soberania do país sobre a Amazônia Azul®.

REFERÊNCIAS

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

ALBERTS, David S.; HAYES, Richard E. *Understanding Command and Control*. Washington, DC: Command and Control Research Program, 2006. 222 p.

BRASIL. Apresentação “EMSAT aos Superintendentes-AIN-UIT Americas v4”. ANATEL, 2015a. Radiomonitoração de Redes de Satélites Geoestacionários. Rio de Janeiro, 24 fev. 2015.

_____. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*, 1988. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988. 292 p.

_____. Decreto Legislativo n. 373 de 25 de setembro de 2013. Aprova a Política Nacional de Defesa, a Estratégia Nacional de Defesa e o Livro Branco de Defesa Nacional. *Diário Oficial [da] União*, Brasília, DF, 26 set. 2013.

_____. Estação da Anatel para monitoração de comunicações por satélites está em operação. ANATEL, 2014. Portal da ANATEL, 30 de maio de 2014. Disponível em: “<http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalNoticias.do?acao=carregaNoticia&codigo=33862>”. Acesso em 05 de agosto de 2016.

_____. Estado-Maior da Armada. *EMA-305: doutrina básica da Marinha*. 2. rev. Brasília, 2014a.

_____. Estado-Maior da Armada. *EMA-135. Manual de Direito Internacional Aplicado às Operações Navais*. 1ª Revisão. Brasília, 2009.

_____. Lei Complementar n. 97 de 9 de junho de 1999. Dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas. *Diário Oficial [da] União*, Brasília, DF, 10 jun. 1999.

_____. Lei Complementar n. 117 de 2 de setembro de 2004. Altera a Lei Complementar n. 97 de 9 de junho de 1999, que “dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas”, para estabelecer novas atribuições subsidiárias. *Diário Oficial [da] União*, Brasília, DF, 3 set. 2004.

_____. Lei Complementar n. 136 de 25 de agosto de 2010. Altera a Lei Complementar n. 97 de 9 de junho de 1999, que “dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas”, para criar o Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas e disciplinar as atribuições do Ministro de Estado da Defesa. *Diário Oficial [da] União*, Brasília, DF, 26 ago. 2010.

_____. Marinha. *A Amazônia Azul*. Brasília, 2014b. Disponível em: <<http://www.naval.com.br/blog/wp-content/uploads/2010/10/Amaz%C3%B4nia-Azul-1.jpg>>. Acesso em 02 de agosto de 2016.

_____. *MD-31-M-03*: doutrina para o sistema militar de comando e controle. 3. ed. Brasília, 2015a.

_____. *MD-35-G-01*: glossário das Forças Armadas. 5. ed. Brasília, 2015b.

_____. *MD-31-P-01*: política para o sistema militar de comando e controle. 2. ed. Brasília, 2012b.

_____. Ministério da Defesa. *Livro Branco de Defesa Nacional*. Brasília, 2012a.

_____. O arco orbital brasileiro. ANATEL 2016. Disponível em <[http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=34353&assuntoPublicacao=null&caminhoRel=null&filtro=1&documentoPath=biblioteca/releases/2002/anexo_release_24_01_2001\(11\).pdf](http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=34353&assuntoPublicacao=null&caminhoRel=null&filtro=1&documentoPath=biblioteca/releases/2002/anexo_release_24_01_2001(11).pdf)> Acesso em 01 ago. 2016.

_____. Orientações regulatórias para grandes eventos. ANATEL, 2015b. Portal da ANATEL - Grandes Eventos. Disponível em: “<http://www.anatel.gov.br/grandeseventos/pt-br>”. Acesso em 05 de agosto de 2016.

_____. *Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa*. 2. ed. Brasília, 2012c.

_____. Termo de Referência da aquisição, montagem, instalação e integração da Estação Terrena de Monitoração de Satélites Geoestacionários. ANATEL, 2013. Arquivo fornecido em abril de 2016.

CLARKE, Arthur C. EXTRA-TERRESTRIAL RELAYS - Can Rocket Stations Give World-wide Radio Coverage. pages 305-308 October. US: Wireless World, 1945.

DURING, Nelson. Editor-Chefe DefesaNet, 26 de Janeiro, 2014. SisGAAz – Um projeto ambicioso. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/sisgaaaz/noticia/13964/SisGAAz-%E2%80%93-Umprojeto-ambicioso/>>. Acesso em 26 jul. 2016.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. *Os satélites e suas aplicações*. 1. ed. São José dos Campos: SindCT (Sindicato dos Servidores Públicos Federais na Área de Ciência e Tecnologia do Vale do Paraíba), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008.

FRANÇA, Júnia Lessa; VASCONCELLOS, Ana Cristina de. *Manual para Normalização de Publicações Técnico-Científicas*. 8. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

GRANT, Howard. SALT, Eric. DODDS, David. Geolocation of Communications Satellite Interference. 26th CCECE, 5-8 May . CA: IEEE Canadian Conference Of Eletrical And Computer Engineering, 2013.

JUNIOR, Louis J. Ippolito . Satellite Communications Systems Engineering | Atmospheric Effects, Satellite Link Design and System Performance . ISBN: 978-0-470-72527-6 (cloth). Wiley Series on Wireless Communications and Mobile Computing, 2008.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Fundamentos da metodologia científica*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 297 p.

RAUSCH, Hank. Jamming commercial satellite communications during wartime an empirical study. Fourth IEEE International Workshop, 13-14 April. UK: Information Assurance IWIA, 2006.

SMALL MEDIA REPORT. *Satellite Jamming in Iran: A War over Airwaves*. November. UK: Small Media Report, 2012. Disponível em <<http://www-tc.pbs.org/wgbh/pages/frontline/tehranbureau/SatelliteJammingInIranSmallMedia.pdf>>. Acesso em 05 jul. 2016.

TZU, Sun. *A Arte da Guerra*: Os treze capítulos originais. Edição Completa, adaptação e tradução de Nikko Bushidô. São Paulo: Jardim dos Livros, 2007. 138 p.

WEEDEN, Brian . Radio Frequency Spectrum, Interference and Satellite Fact Sheet. Secure World Foundation, 2013.

YAN, Hang. CAO, Jin Kun. CHEN, Lei. *Study on Location Accuracy of Dual-Satellite Geolocation System*. IEEE 10th International Conference on 24-28 Oct. 2010.

APÊNDICE

Ilustrações



FIGURA 1 - Estação de Monitoração de Satélites Geoestacionários (EMSAT)

Fonte: BRASIL, 2015a

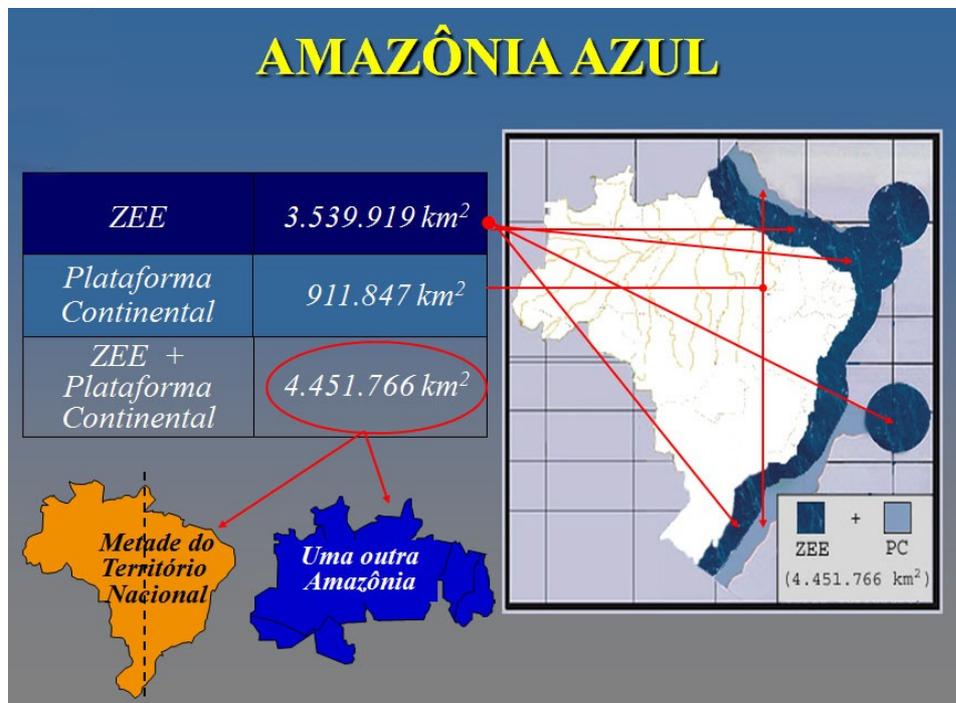


FIGURA 2 – A Amazônia Azul®.

Fonte: BRASIL, 2014b.

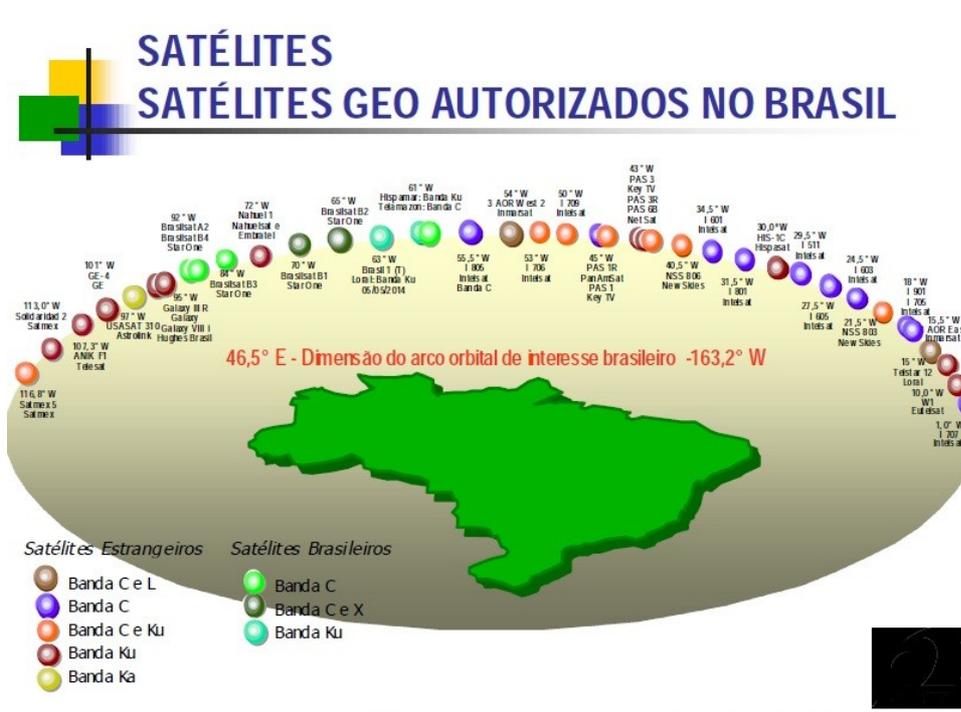


FIGURA 3 - Arco Orbital brasileiro

Fonte: ANATEL, 2016

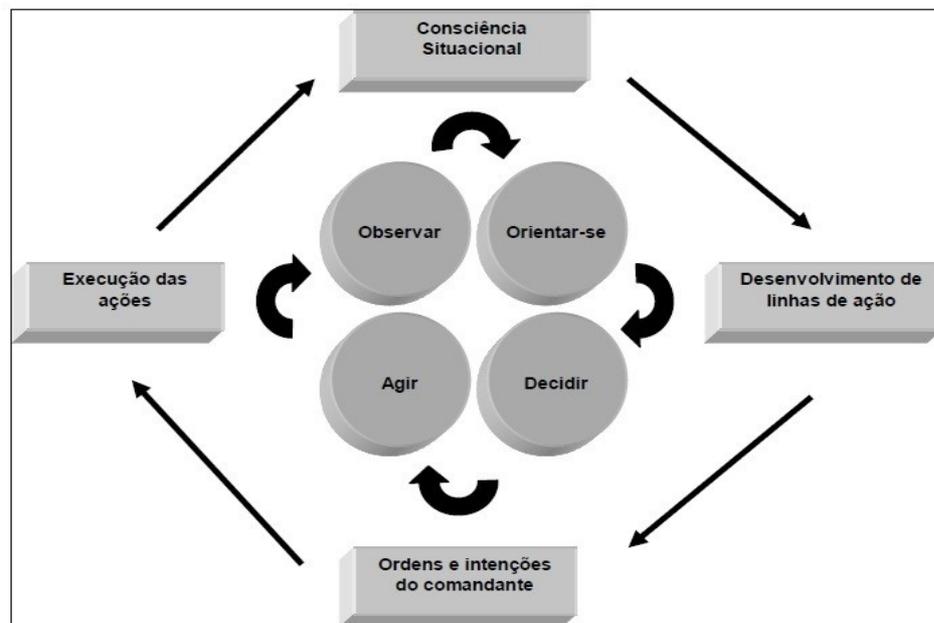


FIGURA 4 - Ciclo de Boyd (OODA).

Fonte: BRASIL, 2015a.

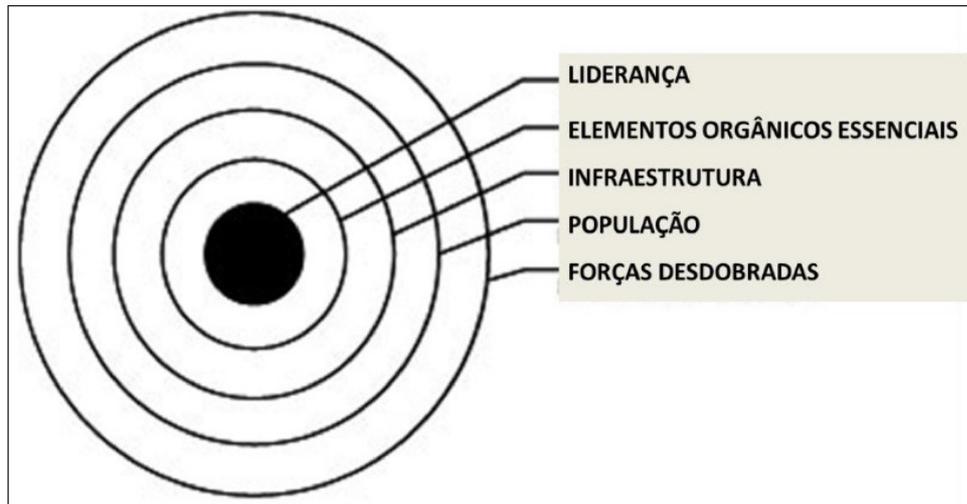


FIGURA 5 - Modelo dos cinco anéis estratégicos

Fonte: BRASIL, 2015a.

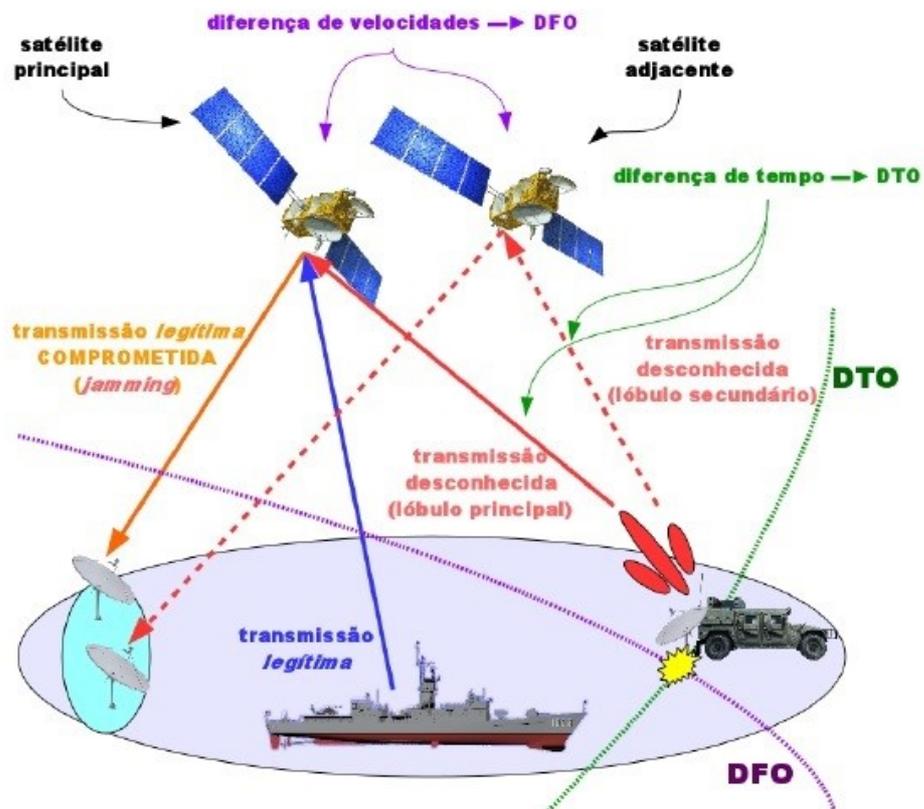
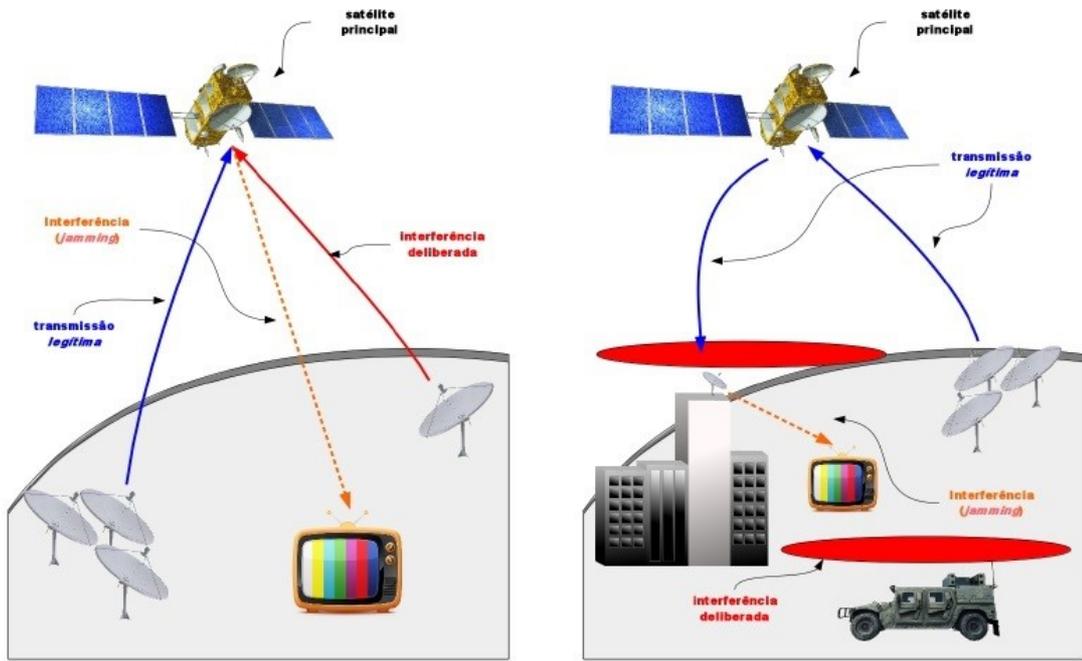


FIGURA 6 – Princípio de Geolocalização por Satélite Adjacente

Fonte: YAN, CAO, CHEN, 2010



(a) Jamming Orbital

(b) Jamming Terrestre

FIGURA 7 – Tipos de Interferência Deliberada

Fonte: SMALL MEDIA REPORT, 2012.

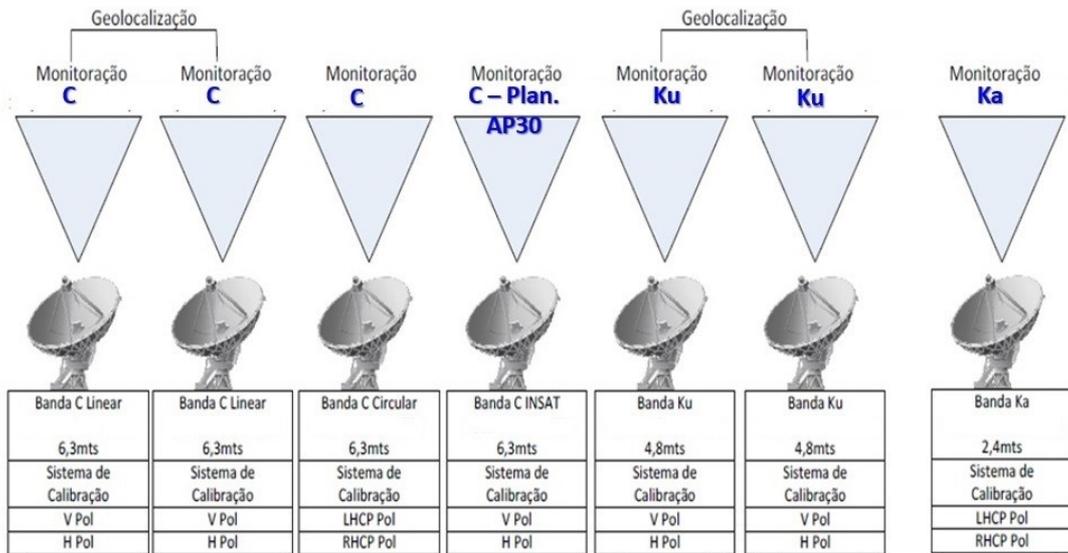


FIGURA 8 – Antenas da EMSAT

Fonte: ANATEL, 2015a.

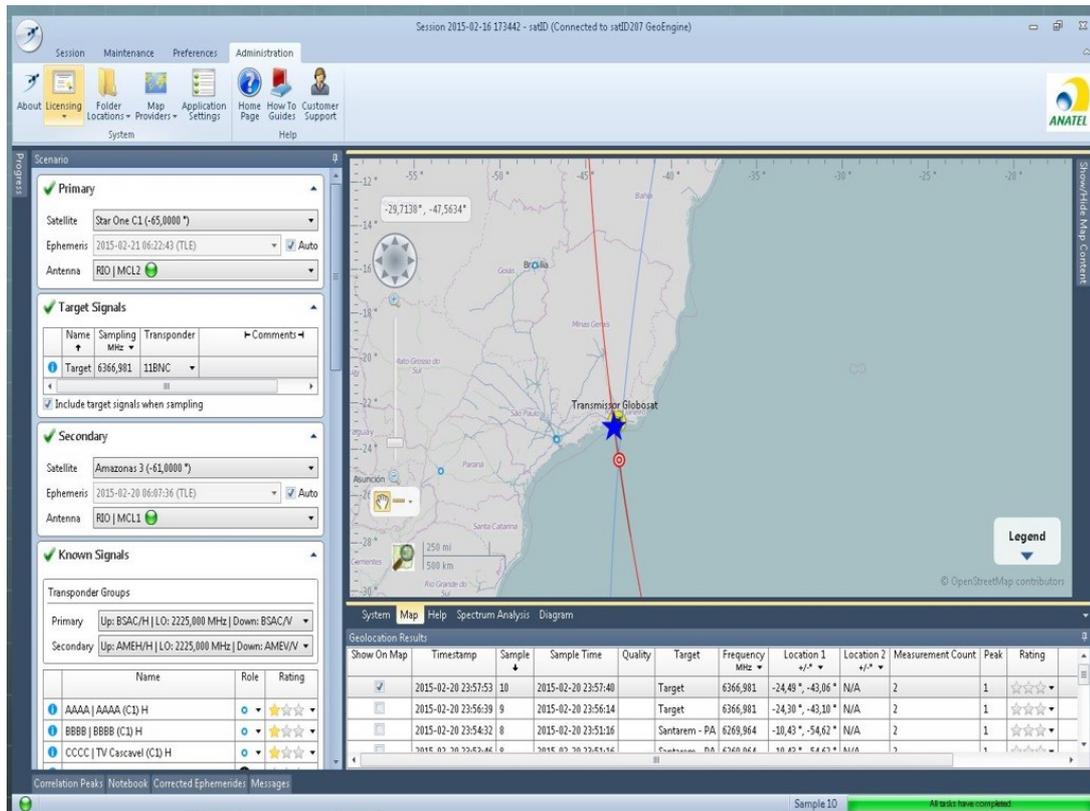


Figura 9 – Exemplo nº 1 de Geolocalização

Fonte: ANATEL, 2015a.

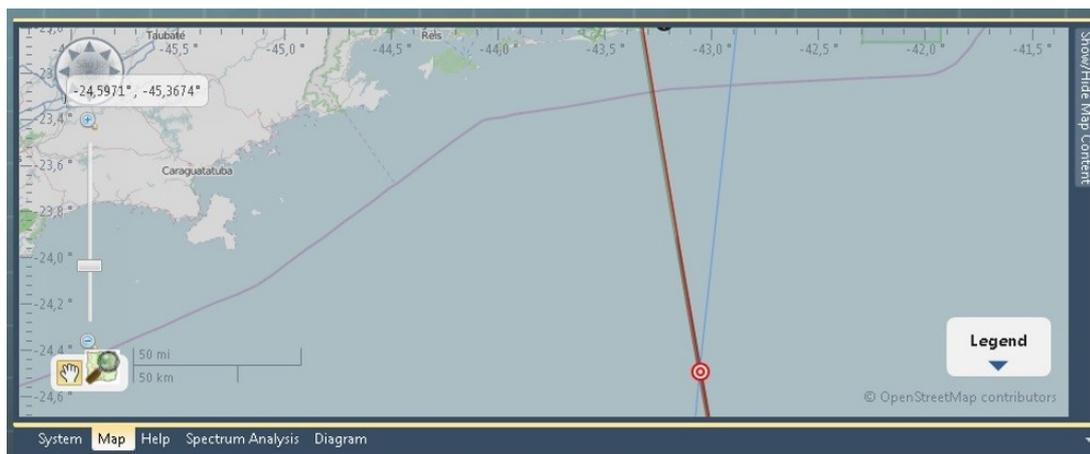


Figura 10 – Exemplo nº 2 de Geolocalização

Fonte: ANATEL, 2015a.

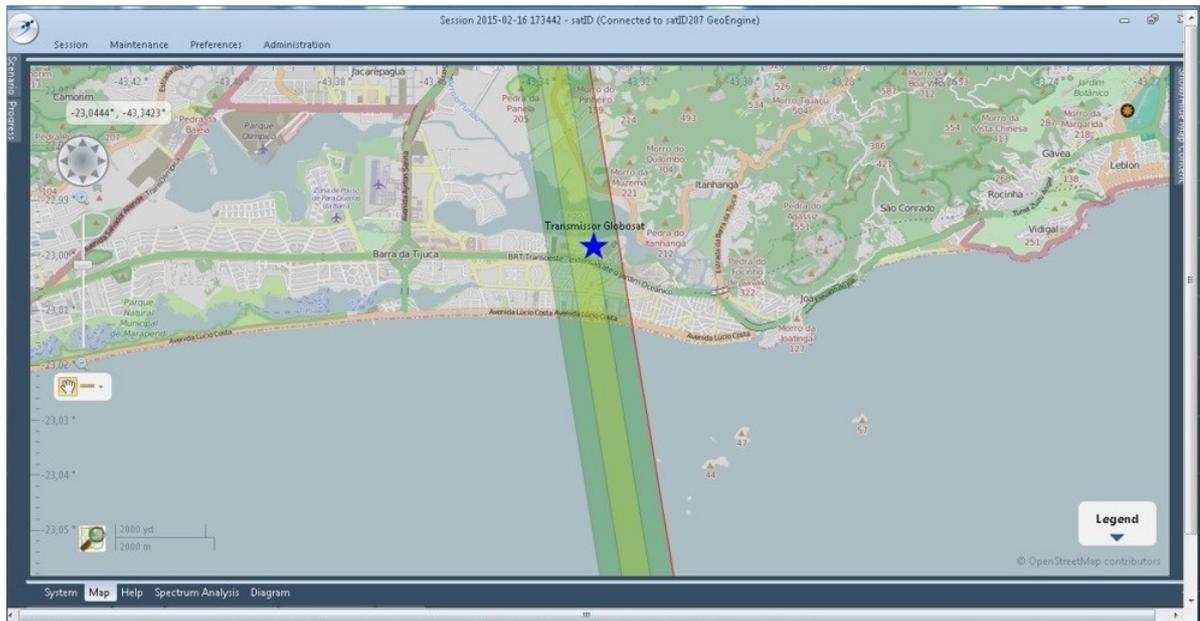


Figura 11 – Exemplo nº 3 de Geolocalização

Fonte: ANATEL, 2015a.

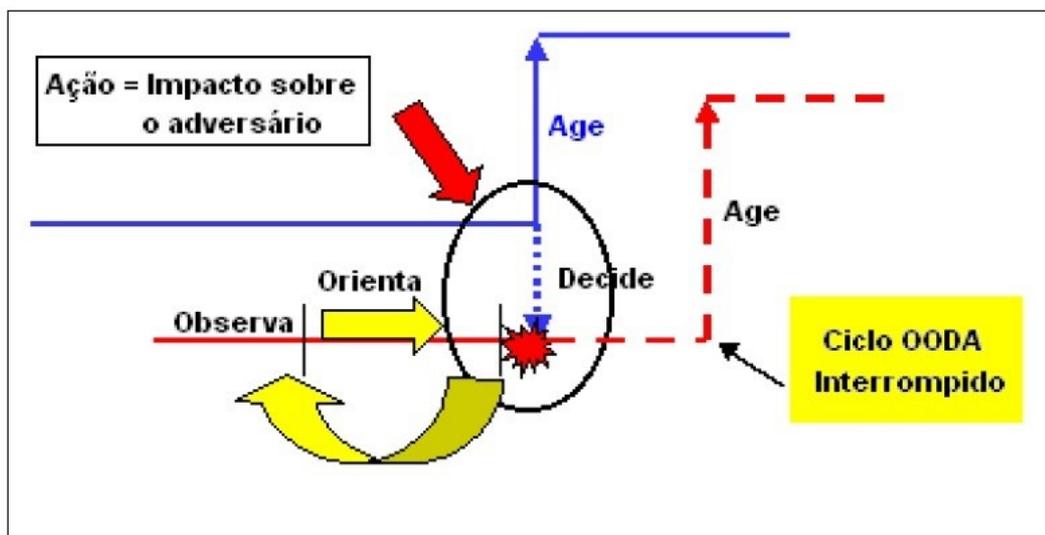


Figura 12 – Interação dos Ciclos OODA

Fonte: BRASIL, 2015a.