

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CF Kleber Leandro Pizolato Someira

DESENVOLVIMENTO DE UM CENTRO DE OPERAÇÕES MARÍTIMAS
NA MARINHA DO BRASIL: REQUISITOS PARA O SEGMENTO ESPACIAL

Rio de Janeiro

2016

CF Kleber Leandro Pizolato Someira

DESENVOLVIMENTO DE UM CENTRO DE OPERAÇÕES MARÍTIMAS
NA MARINHA DO BRASIL: REQUISITOS PARA O SEGMENTO ESPACIAL

Monografia apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para a conclusão do Curso Superior.

Orientador: CMG Roger Pinesso da Silva

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval
2016

RESUMO

O presente trabalho propõe analisar requisitos para o segmento espacial de um Centro de Operações Marítimas na MB, explicando, do ponto de vista operacional, como atuam os satélites para uso marítimo nos dias de hoje. É dada ênfase nos critérios que definem os requisitos de operação dos satélites, especialmente os de sensoriamento remoto, pois suas missões são as que mais se associam às atividades marítimas, e também nas necessidades que o Centro de Operações Marítimas possui de consumir produtos e serviços destes satélites, da forma mais eficaz possível, reduzindo custos com recursos materiais, humanos, financeiros e temporais.

Palavras-chave: Operações Marítimas. Satélites. Sensoriamento remoto. Operações espaciais.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Ciclo de Lawson e proposta de ciclo para os produtos do segmento espacial.....	30
FIGURA 2 – Projeção de órbita inclinada considerando a Terra parada.....	30
FIGURA 3 – Projeção verdadeira da órbita.....	31
FIGURA 4 – Resultado do aumento da inclinação da órbita.....	31
FIGURA 5 – Resultado do aumento do período da órbita	32
FIGURA 6 – Resultado da alteração do apogeu da órbita	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIS-	Automatic Identification System
ANATEL-	Agencia Nacional de Telecomunicações
COMCONTRAM-	Comando e Controle do Tráfego Marítimo
CSM-	Consciência Situacional Marítima
EMA-	Estado Maior da Armada
EMOC-	Enhanced Marine Order Coordination
END-	Estratégia Nacional de Defesa
ITSO-	International Telecommunications Satellite Organization
IMSO-	International Mobile Satellite Organization
LCM-	Linhas de Comunicações Marítimas
LRIT-	Long-Range Identification and Tracking
MB-	Marinha do Brasil
MSSIS-	Maritime Safety and Security Information System
NASA-	National Aeronautics and Space Administration
OODA-	Observar, orientar, decidir, agir
PND-	Política Nacional de Defesa
PREPS-	Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite
SAR-	Sintetic Aperture Radar
SIMMAP-	Sistema de Monitoramento Marítimo de Apoio às atividades do Petróleo
TRMN-	Transregional Maritime Network
VRMTC-	Virtual Regional Maritime Traffic Centre

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OPERAÇÕES MARÍTIMAS	8
2.1	O Poder Marítimo e a Consciência Situacional Marítima.....	8
2.2	Os produtos consumidos pelo Centro de Operações Marítimas.....	9
3	INTERAÇÕES ENTRE OPERAÇÕES MARÍTIMAS E SEGMENTO ESPACIAL	11
3.1	O Fluxo dos produtos.....	11
3.1.1	A etapa de demanda.....	12
3.1.2	A etapa de planejamento do sensoriamento.....	13
3.1.3	A etapa de sensoriamento.....	14
3.1.4	A etapa da análise.....	14
3.2	A problemática do lapso temporal.....	16
4	SEGMENTO ESPACIAL	17
4.1	O ambiente Espacial.....	17
4.2	A arquitetura da Missão espacial.....	18
4.2.1	Objeto.....	19
4.2.2	Carga útil.....	20
4.2.3	Espaçonave.....	22
4.2.4	Segmento Terrestre.....	23
4.2.5	Operações.....	23
4.2.6	Comando, controle e comunicações.....	24
4.2.7	Orbita.....	25
4.2.8	Segmento de Lançamento.....	26
5	CONCLUSÃO	27

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia Azul (águas jurisdicionais brasileiras) é de suma importância para o Brasil, parte significativa do comércio nacional é feito por essa via. Foram 171 bilhões de dólares em importações, 64% dos quais via contêineres, aos quais soma-se o transporte de carga por águas interiores (85,5 milhões de toneladas em 2015) (BRASIL, 2015, p. 12 e 19). Além deste comércio, o ambiente marítimo ainda engloba as necessidades de transporte, pesca, e uma crescente demanda pelo aumento da fiscalização e da proteção ambiental.

Em face dessa importância, é primordial que o Brasil possua um Centro de Operações Marítimas, capaz de obter consciência situacional para coordenar as atividades de diferentes órgãos, governamentais ou não, referentes a esse setor. Este Centro irá contribuir para o cumprimento da Política Nacional de Defesa (PND), a qual orienta que o Brasil deve vigiar, controlar e defender a sua área marítima (BRASIL, 2012, p. 31).

Como o ambiente marítimo, além da Amazônia Azul, está difuso pelo território nacional em forma de rios e lagos, um sistema terrestre que permita cumprir o que é orientado na PND, especialmente a vigilância e controle desta vasta área, é extremamente caro e complexo. Como opção, é proposto que o Centro de Operações Marítimas possua um segmento espacial, com satélites de observação da Terra. Esta proposta cumpre uma das diretrizes nas quais a Estratégia Nacional de Defesa (END) está pautada, a qual orienta desenvolver o monitoramento e controle das águas jurisdicionais brasileiras a partir de tecnologias na área espacial sob domínio do país (BRASIL, 2012, p. 48).

Neste aspecto, há de se elaborar os requisitos para um Centro de Operações Marítimas, e este trabalho se dispõe a pesquisar, especificamente, os requisitos referentes ao segmento espacial.

Para a elaboração dos requisitos, este trabalho irá abordar o tema em etapas, assim definidas:

No capítulo dois serão definidos o Poder Marítimo e a Consciência Situacional Marítima (CSM), com o intuito de, baseado em suas definições, levantar quais produtos devem ser consumidos por um Centro de Operações Marítimas, e se estes recursos podem ser obtidos pelo segmento espacial, a fim de prover a cobertura necessária em tempo suficiente às operações.

No capítulo três serão analisados os fluxos dos produtos do segmento espacial anteriormente levantados, e quais os requisitos para que este fluxo atenda a demanda do Centro de Operações Marítimas.

Compreendidos nos capítulos anteriores, os produtos do segmento espacial necessários ao Centro de Operações Marítimas e como ocorre o seu fluxo, no capítulo quatro abordaremos os requisitos do sistema que os produz, iniciando por conceituar o ambiente espacial e seus influenciadores, a arquitetura de uma missão espacial, definindo seus componentes, os tipos de órbitas, o que são e como operam os satélites e as cargas úteis de satélites.

No quinto capítulo serão apresentadas as conclusões.

O propósito deste trabalho é analisar os requisitos do segmento espacial para um Centro de Operações Marítimas na Marinha do Brasil.

Como método de pesquisa para a elaboração deste trabalho, foram realizadas pesquisas bibliográficas em livros, trabalhos acadêmicos e periódicos, bem como consultas à sítios na internet.

2 OPERAÇÕES MARÍTIMAS

A seguir, será feita uma análise para definir quais são os produtos do segmento espacial que devem ser entregues para o Centro de Operações Marítimas, e se estes recursos podem ser fornecidos pelo segmento espacial.

Para proceder a esta análise, devemos entender o que são as Operações Marítimas, sendo preciso extrair dos conceitos de Poder Marítimo, dos elementos que o compõem, e da definição de CSM, as principais tarefas a serem executadas. Após esta análise, definiremos, então, quais serão os produtos necessários para cumprir as tarefas anteriormente definidas, e se poderemos obtê-los via segmento espacial.

2.1 O Poder Marítimo e a Consciência Situacional Marítima

A ampla abrangência do conceito de Poder Marítimo abarca vários setores da sociedade e do governo, principalmente, o Poder Naval, Marinha Mercante, transportes, infraestrutura, indústria naval e bélica naval, pesca, pesquisa e desenvolvimento, organizações e meios de exploração de recursos, pessoal e estabelecimentos destinados à sua formação e treinamento. Esta ampla abrangência também é verificada pela definição realizada pelo Estado Maior da Armada (EMA) (BRASIL, 2004, p. 1), a qual trata o Poder Marítimo como o conjunto de ações políticas, militares, econômicas e sociais voltadas ao mar e às águas interiores. A própria definição de Poder Marítimo nos leva a concluir que, o órgão de operações marítimas deverá incluir vários ministérios, os quais possuem suas demandas

individuais de produtos, todas as quais devem ser atendidas pelo segmento espacial de um centro que se proponha a operar no ambiente marítimo.

Em decorrência da designação do Comandante da Marinha como Autoridade Marítima (BRASIL, 1999, Art. 17, parágrafo único), a atribuição de implantação do referido centro deve ser de iniciativa da Marinha do Brasil (MB), em coordenação com os demais órgãos executivos federais e estaduais. Neste aspecto, concluímos que cabe à MB elaborar os requisitos para o Centro de Operações Marítimas.

Logo, partindo do caso abrangente para o caso específico da MB, a CSM está representada em uma das quatro Tarefas Básicas do Poder Naval, especificamente a missão de controlar áreas marítimas, e é definida da seguinte forma:

A Consciência Situacional Marítima (CSM) 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. É a formação da **percepção advinda do processamento de dados disponíveis** que podem afetar as Linhas de Comunicações Marítimas (LCM), a exploração e o aproveitamento dos recursos no mar; o meio ambiente; a soberania nas AJ; e a salvaguarda da vida humana no mar na região de responsabilidade de Busca e Salvamento (*Search and Rescue* - SAR), **resultando em informações acuradas, oportunas e relevantes**. A CSM será **fortalecida pelo estabelecimento de um Sistema de Segurança Marítimo global**, em adição aos regionais e nacionais. Por meio da interação desses sistemas, **busca-se proporcionar a detecção, o acompanhamento e a identificação** das ameaças **o mais distante e antecipadamente possível** das áreas de interesse. (BRASIL, 2004, p. 4, grifo nosso).

A partir da definição de CSM, concluímos que o Centro de Operações Marítimas deve ser capaz de receber e analisar informações precisas, em tempo hábil e que agreguem valor, relativas as áreas da defesa, do meio ambiente, de atividades econômicas como transporte, extração de recursos naturais, pesca, e também à salvaguarda da vida humana no mar.

2.2 Os produtos consumidos pelo Centro de Operações Marítimas

Os produtos são definidos neste trabalho como um conjunto de dados, no caso específico dos satélites de observação, estes dados são o resultado do trabalho de analistas profissionais na interpretação de imagens, com auxílio de softwares de processamento específicos.

No caso específico da MB, o Centro de Operações Marítimas deve consumir produtos que apresentem informações relativas ao tráfego marítimo, atividade de pesca, extração de recursos, controle ambiental e solicitações de socorro, em toda a área considerada, e em tempo hábil para elaborar suas operações.

Dos produtos a serem consumidos identificados acima, os relacionados à detecção e controle de tráfego marítimo, de pesca, extração de recursos, e salvaguarda da vida humana no mar, podem ser fornecidos ou confirmados por imagens de satélite das respectivas áreas de interesse, em qualquer local do globo. Esta afirmação é defendida por Vachon et al (2014, p. 998), os quais demonstram que a tecnologia disponível possibilita a compilação da relação de contatos no mar cerca de quinze minutos após a recepção de uma imagem satélite, e a sua associação com as informações recebidas de sensores do Sistema Automático de Identificação (*Automatic Identification System - AIS*), se disponível. Dessa forma, as informações de tráfego marítimo, que hoje são obtidas pelo Comando do Controle Naval do Tráfego Marítimo (COMCONTRAM) através de diversos sistemas, conforme citado em seu sítio eletrônico¹, sejam por meio de adesão voluntária, ou compulsória, como os dados da atividade de pesca advindos do Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite (PREPS), do Sistema de Monitoramento Marítimo de Apoio às atividades do Petróleo (SIMMAP), os pedidos de busca e salvamento que são recebidos pelo *Maritime Safety and Security Information System* (MSSIS), dados de navios brasileiros recebidos pelo *Long-Range Identification and Tracking* (LRIT) e pelo *Virtual Regional Maritime Traffic Centre/TransRegional Maritime Network* (VRMTC/TRMN), podem ser todos complementados ou confirmados por um segmento espacial dedicado ao ambiente marítimo.

Quanto aos produtos relacionados ao controle ambiental marítimo, estes também podem ser fornecidos por satélites. Conforme apresentado por Grimaldi *et al.* (2010, p. 4490) e Wai (2015, p. 56), o controle ambiental marítimo pode ser realizado por satélites, tanto utilizando sensores óticos com infravermelho como radares de abertura sintética (*Sintetic Aperture Radar - SAR*), estes últimos com a independência de condições climáticas ou da luz do Sol. Esta versatilidade nos leva a concluir que a instalação de sensores especializados no segmento espacial, além de realizar atividades de monitoramento de tráfego, também atendem aos objetivos ambientais.

¹ Os sistemas mencionados são apresentados e explicados no sítio eletrônico do COMCONTRAM. Comando e Controle do Tráfego Marítimo. Disponível em: <<https://www1.mar.mil.br/comcontram>>. Acesso em 26 jul. 2016.

Ainda na busca pela definição dos produtos a serem consumidos pelo Centro de Operações Marítimas, um fator a se considerar é o temporal. O projeto de observação marítima “Epsilon” do Governo Canadense, apresentado por Butler (2005, p. 1195), salienta que uma das necessidades do Centro de Operações Marítimas é a disponibilidade do dado em curto espaço de tempo, em parte, pelas peculiaridades da temperatura da água do mar envolvida no caso canadense, que obriga as operações de resgate a agirem imediatamente (o que não corresponde à realidade brasileira), e em parte, pela necessidade de combinar as informações recebidas do segmento espacial com as de outros sensores em terra antes de se analisar todo o quadro tático envolvido e tomar uma decisão. Como consequência, além do tipo de sensor envolvido, a velocidade com que o dado chega ao destinatário final também é relevante, sendo este fluxo o objeto de estudo do capítulo três deste trabalho.

Como constatado, os produtos necessários ao Centro de Operações Marítimas para cumprir as missões atribuídas na definição de CSM são os relativos ao tráfego marítimo, pesca, extração de recursos, solicitações de socorro, e controle ambiental, podendo ser resumidos em dois grandes grupos, detecção/controlado de tráfego marítimo e detecção/controlado ambiental. Outra constatação é que estes recursos podem ser fornecidos por um segmento espacial, utilizando sensores óticos ou SAR, devendo, no entanto, ser fornecidos em tempo hábil para possibilitar seu aproveitamento em conjunto com dados de outros sensores.

3 INTERAÇÕES ENTRE OPERAÇÕES MARÍTIMAS E SEGMENTO ESPACIAL

De um lado há a demanda do centro de operações marítimas por produtos, do outro a oferta por parte do segmento espacial, sendo este fluxo o alvo da análise que se segue, iniciando pela comparação com algum ciclo conhecido, o qual possua etapas bem definidas, buscando identificar características próprias que irão direcionar o processo de proposição dos requisitos do segmento espacial.

3.1 O Fluxo dos produtos

Em meio a diversos ciclos, como o de Boyd, consumado pela sigla OODA (observar, orientar, decidir e agir), (ORR, 1983, p. 35), o fluxo dos produtos do segmento espacial obedece a uma ordem que se encaixa muito bem na proposta de Lawson, composta por um ciclo com cinco etapas a saber, “sensoriamento”, “processamento”, “comparação”, “decisão” e “ação”. Esta análise se confirma pela observação de Coakley (1992, p. 55), segundo o qual os sensores instalados em satélites se encaixam no ciclo de Lawson na etapa

sensoriamento, e os sistemas de análise dos dados brutos recebidos do segmento espacial compõem as etapas de processamento e parte da etapa de comparação, conforme demonstrado na FIG.1. No entanto, esta comparação não cobre todo o ciclo necessário para o funcionamento do segmento espacial, para tal devemos considerar duas etapas extras de preparação, responsáveis pela recepção das solicitações e de como atende-las, as quais propomos chamar de “demanda” e “planejamento do sensoriamento”. Da mesma forma, propomos denominar as etapas de “processamento” e parte da “comparação” como “análise”, alterando a nomenclatura original proposta por Lawson.

Seguindo este novo ciclo proposto, formado por “demanda”, “planejamento do sensoriamento”, “sensoriamento” e “análise”, observamos que ainda restam parte da “comparação” e mais duas etapas do ciclo original de Lawson a cumprir, “decisão” e “ação”, as quais não são de responsabilidade direta do segmento espacial, devendo ser assumidas por outros segmentos do Centro de Operações Marítimas.

A seguir, é feita a análise das quatro etapas do fluxo de produtos sob responsabilidade direta do segmento espacial identificadas anteriormente, as quais compõem o fluxo de informação proposto e auxiliarão a definição dos requisitos deste segmento.

3.1.1 A etapa de demanda

A demanda está diretamente relacionada aos produtos de controle de tráfego marítimo e controle ambiental consumidos pelo Centro de Operações Marítimas na MB.

Na geração da demanda o órgão solicitante deve definir a área de seu interesse, o que pretende extrair de informações desta área, e o lapso de tempo em que espera receber o produto; no caso de várias áreas deverá definir as prioridades entre elas, e, se possível, coordenar as obtenções com outros solicitantes unificando demandas. Um método de solicitação foi apresentado por Flett *et al.* (2015, p. 1518), denominado *Enhanced Marine Order Coordination* (EMOC) ou Coordenação de Solicitações Marinhas Otimizado. Este sistema levou três anos para ser desenvolvido e mais um ano de ajustes em operação, e trabalha com o princípio da transparência, sendo franqueada a cada organismo do Governo a visualização de todas as demais solicitações governamentais, possibilitando a coordenação entre os mesmos. Este sistema é composto por cinco diferentes subfases, a primeira recebe todas as solicitações governamentais, a segunda soluciona conflitos separando solicitações que são incompatíveis, a terceira soluciona os conflitos agrupando solicitações que se sobrepõem, a quarta gera e publica uma agenda mensal de aquisições e a quinta envia esta agenda à equipe de planejamento do sensoriamento caso aprovada pelos solicitantes. Para um

centro com grande abrangência como o de Operações Marítimas, o desenvolvimento de um sistema de coordenação de solicitações é de extrema importância, pois as demandas provêm dos mais diversos setores, podendo gerar grandes conflitos entre os solicitantes, sendo o gargalo inicial de todo o sistema.

3.1.2 A etapa de planejamento do sensoriamento

A etapa de planejamento irá lidar com as demandas, utilizando o agendamento realizado na etapa anterior, resolvendo conflitos pontuais e solicitações de urgência, geralmente realizados em um segmento terrestre especializado.

O planejamento das obtenções é totalmente dependente do tipo de sensor, suas características, e do tipo de órbita escolhidos para o satélite. O tipo de sensor determina a largura do terreno a ser coberta quando o satélite estiver sobre o ponto de interesse (campo de visão da carga útil), podendo haver a necessidade, caso mal dimensionado, de várias passagens do satélite sobre uma mesma região do globo para cobrir a totalidade da área desejada. Da mesma forma, a órbita escolhida irá ditar a velocidade em que o satélite deverá se mover no espaço e o tempo transcorrido entre duas passagens consecutivas pelo mesmo local (tempo de revisita). Como descrevem Sellers *et al.* (2004, p. 16) a órbita determina se a carga útil poderá observar os pontos de interesse necessários, em algumas missões mais de um satélite deverão ser utilizados para atender os requisitos da missão. Assim, a fim de que o planejamento seja capaz de atender às demandas, uma cuidadosa análise dos objetivos da missão deve ser feita, dela resultando os requisitos para a órbita e os sensores do segmento espacial. A análise da órbita será detalhada posteriormente, levando em consideração diversos fatores ainda a serem apresentados.

Esta etapa também irá lidar com o planejamento da entrega dos dados brutos obtidos pelo satélite aos centros de processamento e análise em terra, outro ponto que pode haver conflitos. Como definem Flett *et al.* (2015, p. 1517), a capacidade de sensoriamento dos satélites é grande, sendo restringida pelo planejamento da utilização do espaço disponível para armazenamento dos dados obtidos e pela velocidade de envio destes dados para terra. Uma proposta mencionada é a flexibilidade do planejamento de envio de dados, na qual o solicitante pode especificar até quatro diferentes locais de recepção dos dados em terra, deixando a cargo do sistema a definição do ponto ótimo. A partir da análise do método mencionado, concluímos que existe a necessidade de que o Centro de Operações Marítimas possua diferentes pontos de recepção de dados dos satélites em terra para possibilitar a necessária flexibilização a fim de evitar novos gargalos no sistema.

Como resultado final desta etapa, após recebidas as demandas, retirados os conflitos e realizados os ajustes pontuais, a relação das imagens a ser obtida é enviada ao satélite juntamente com a relação de pontos em terra para remessa dos dados brutos resultantes do sensoriamento.

3.1.3 A etapa de sensoriamento

O sensoriamento é uma etapa automatizada na qual o satélite, já tendo recebido via telecomando, a relação dos locais de interesse, as especificações do sensoriamento e para onde remeter os dados brutos coletados, procede todas as etapas necessárias ao cumprimento destas atividades.

Nesta etapa a agilidade da carga útil e da espaçonave são os fatores decisivos. Como exemplifica Livingstone (2005, p. 11 e 20), o sistema apresentado possui uma grande flexibilidade para adquirir e enviar dados, podendo estes dados serem armazenados em memórias de estado sólido na espaçonave para posterior envio, ou transmitidos imediatamente sem serem gravados. Em ambos os casos as memórias podem gravar dados de uma imagem ao mesmo tempo que os enviam, ou gravar dados de uma imagem ao mesmo tempo que enviam dados de outra imagem e, se requisitado, os dados enviados podem ser criptografados para evitar sua utilização por quem não seja seu destinatário. Esta flexibilidade é importante pois, no caso do centro de Operações Marítimas que atende a diversos órgãos, a espaçonave pode estar fazendo imagens para um cliente ao mesmo tempo em que envia dados de outro, criptografando cada conjunto de dados em uma chave específica para cada cliente.

A etapa é considerada finalizada quando os dados brutos são recebidos em terra de acordo com o que foi solicitado pelo cliente.

3.1.4 A etapa da análise

Os dados recebidos do satélite são bits codificados, os quais por si só não representam qualquer imagem, a transformação destes bits em imagens, e sua análise é feita em terra.

O trâmite em terra dos dados brutos recebidos, e de outros dados necessários ao processamento, como dados do relevo, contorno de costas e outros, contemplam um alto fluxo de arquivos de grande tamanho. O trâmite eletrônico de dados do local de recepção em terra para o local de processamento é relevante, conforme atesta Butler (2005, p. 1194). No caso por ele estudado, a recepção dos dados da imagem e seu processamento, são feitos nas mesmas instalações, com o intuito de diminuir o trâmite de grandes arquivos através de redes

de dados de longa distância e, conseqüentemente, reduzir o tempo necessário para que as informações sejam repassadas ao setor operativo. O ideal é seguir este modelo, em que a recepção e processamento ocorrem no mesmo local, possibilitando que sejam tramitados apenas arquivos com dados consolidados e já analisados. Um exemplo é o envio de uma simples lista em formato de texto seguindo modelos padronizados, contendo dados de navios, sua localização, rumo, velocidade e outras observações consideradas pertinentes, ao invés do envio de diversas imagens dos mesmos. Esta lista em forma de texto é a informação que o Centro de Operações Marítimas necessita.

Como o requisito temporal pode fazer parte da demanda, o tempo de processamento da imagem deve ser encurtado com a otimização dos softwares utilizados. Uma maneira de otimização é descrita por Vyas *et al.* (2015, p. 4), com a utilização de algoritmos e formatos de arquivos especializados que ajudam a identificar rapidamente manchas de óleo em diferentes formatos e espessuras. Como a análise dos dados brutos (bits) é sempre realizada por computadores, a especificação dos softwares e hardwares deve ser feita por pessoal especializado o mais próximo possível de sua efetiva implementação a fim de evitar obsolescência.

Após o processamento e análise dos dados recebidos do segmento espacial, o Centro de Operações Marítimas deverá efetuar a comparação com outras fontes de informação, como, por exemplo, radares, a fim de compor seu quadro tático e decidir. Um exemplo é descrito por Vachon *et al.* (2014, p. 1000) e Butler (2005, p. 1196), o projeto Polar Epsilon do Governo Canadense, para o qual foram construídas duas estações de recepção de dados e um centro de processamento de imagens, além de reprogramados dois novos modos do radar SAR do satélite RADARSAT-2, refinados os softwares de processamento e criada uma ferramenta de associação das imagens com AIS; Estes dados ainda eram somados a outros advindos de radares de superfície e aeronaves de patrulha. Da mesma forma, na MB, a informação provinda do AIS baseado em terra, que já é utilizada pelo COMCONTRAM, pode ser combinada com a informação recebida pelo segmento espacial, possibilitando a ampliação dos dados de navios que aparecem na imagem satélite ou, caso o navio na imagem satélite não esteja entre os contatos AIS, lançar mão de uma operação de esclarecimento utilizando outros meios para identifica-lo e/ou interroga-lo. É ainda necessária uma grande precisão na localização dos navios pelo segmento espacial, possibilitando a correta correlação com os dados do AIS.

Para toda esta integração é fundamental que os dados do segmento espacial sejam disponibilizados em curto espaço de tempo. Esta necessidade é analisada por Vachon *et al.*

(2014, p. 998) especificamente na integração imagem-AIS, aonde demonstram que os dados das duas fontes devem ser referentes ao mesmo momento no tempo, ou que um deles deve ser corrigido para o tempo do outro, possibilitando a sobreposição e correlação das informações. Quanto maior o lapso temporal, mais difícil correlacionar as informações obtidas pela imagem com as providas do AIS. Logo, concluímos que o lapso temporal entre a geração da imagem e a correlação dos dados é um fator importante a ser considerado.

3.2 A problemática do lapso temporal

Uma maneira de reduzir o lapso temporal é minimizar o tempo entre a geração da imagem e sua recepção em terra, o ideal é que a imagem seja recebida simultaneamente ou imediatamente após sua geração, o que pode ser conseguido com o aumento do número de estações terrenas e sua correta disposição no território. Logo dois requisitos a serem analisados são a quantidade e o correto posicionamento das estações de recepção em terra.

Outra solução para o problema temporal é que o próprio satélite possua sensores AIS, eliminando assim o lapso temporal dos dados enviados. Esta proposta de AIS incorporado ao segmento espacial está presente na próxima geração de espaçonaves que devem ser lançadas pelo Governo canadense em 2018, uma constelação composta por três pequenos satélites SAR em órbitas distintas, conforme exemplificado por Vachon *et all.* (2014, p. 1001). Para um Centro de Operações Marítimas a ser implementado na MB é necessário trabalhar com esta perspectiva futura, a fim de obter um segmento espacial atualizado, capaz de fornecer a maior e mais completa cobertura com o menor intervalo de tempo possível.

Como constatado pela análise do fluxo, os produtos controle de tráfego marítimo e controle ambiental fornecidos pelo segmento espacial obedecem a um determinado ciclo, próximo à proposta estabelecida por Lawson, sendo composta por “demanda”, “planejamento do sensoriamento”, “sensoriamento”, “análise”, “comparação”, “decisão” e “ação”. Através da análise deste fluxo foram constatadas necessidades como o desenvolvimento de um sistema de coordenação de demandas entre os solicitantes, e a especificação de softwares e hardwares de última geração para análise e correlação de dados de outros sensores com os do segmento espacial.

Além das necessidades foram identificados dados que irão definir os requisitos do segmento espacial, como as órbitas e suas características, a necessidade de recepção dos dados com o menor lapso temporal possível, possibilitando sua comparação com outros sensores, a disponibilização de diferentes pontos de recepção em terra provendo flexibilidade,

seu correto posicionamento, e recomendado que a recepção e processamento dos dados brutos ocorram em locais próximos, sendo tramitados apenas arquivos com dados consolidados e já analisados.

4 SEGMENTO ESPACIAL

Por milhares de anos, a vitória na terra foi frequentemente determinada pela dominância do mar. No século 20, a vitória na terra e no mar quase invariavelmente foi para a potência que controlava o ar. No século 21, a vitória na terra, mar e no ar irá para a potência que controlar o espaço (ZUBRIN, 2015, tradução nossa)

Na definição do segmento espacial diversos fatores devem ser levados em consideração, os primeiros são o ambiente espacial e a arquitetura da missão. O ambiente espacial não pode ser alterado, cabe ao especialista apenas compreendê-lo e explorar suas características; já a arquitetura é modificável, sendo definida a partir das necessidades levantadas anteriormente e das opções disponíveis. São, então, verificados os custos envolvidos e, caso a solução ultrapasse o orçamento disponível, reinicia-se o ciclo, até que seja atingido o objetivo, ao menor custo possível, dentro das margens de segurança consideradas.

4.1 O ambiente Espacial

Aonde começa o espaço? Como constata Sellers (2004, p. 73), a NASA considera o voo a uma altitude de aproximadamente 93 Km para que um piloto receba o brevê de Astronauta, já o próprio Sellers considera a altitude de 130 Km, onde um objeto pode permanecer em órbita mesmo por um curto período, como sendo o espaço. Embora não exista consenso, neste trabalho consideramos o início do espaço no ponto conhecido como mesopausa, a qual está a cerca de 120 Km de altitude, e basicamente divide a região aonde uma aeronave pode voar (recorde de 112 Km obtido pelo avião-foguete X-15) e a região aonde as espaçonaves operam (cerca de 130 Km para o programa *Space Shuttle*) (Sellers, 2004, p. 47).

Definido o local chamado de “espaço”, passamos a estudar suas características, o chamado “ambiente espacial”, a área na qual as forças não oriundas da Terra prevalecem na atuação sobre um corpo. Conforme relatam Wertz *et all.* (2011, p. 127) no Espaço Próximo, além destas forças, ainda existe o efeito da atmosfera superior, da ionosfera, de cintos de

radiação e da magnetosfera, as quais são estudadas como Clima Espacial. Logo, como há diversas forças atuando nesta região, devemos estudar, ao menos, as características básicas do clima espacial e seus maiores influenciadores antes de definir requisitos para um segmento espacial.

Embora várias fontes atuem sobre o Clima Espacial (raios cósmicos por exemplo), os maiores influenciadores são considerados os efeitos do Sol. Como salientam Wertz *et all.* (2011, p. 127), tais efeitos solares atuam na magnetosfera e na ionosfera, sendo produzidos por plasma, campos magnéticos, radiação e fluxo de partículas através dos ventos solares. Embora estes efeitos ocorram longe dos nossos olhos, existem consequências visíveis dos ventos solares. Como explicado por Hulburt (1928, p. 12), as Auroras Polares são uma pequena parte visível das partículas trazidas por ventos solares que conseguem atravessar os escudos da magnetosfera, e colidem diretamente com a atmosfera terrestre produzindo luz. Estes efeitos são os primeiros pontos a serem considerados na definição do segmento espacial, especialmente os que atuam sobre a área de operações considerada. No caso do Brasil, existe o fenômeno provocado pelos efeitos solares em conjunto com o campo magnético terrestre, conhecido como Anomalia Equatorial ou Anomalia do Atlântico Sul, que ocorre especificamente sobre a região do equador.

Tal efeito é bastante percebido sobre o território brasileiro durante o período diurno, sendo resultado da capacidade das partículas solares de remover elétrons de suas órbitas nucleares, causando grande impacto em componentes eletroeletrônicos. Como explica Heirtzler (2002, p. 1701), é esperado um incremento na Anomalia do Atlântico Sul a qual acarreta erros nas memórias de computadores de bordo, e as fazem sofrer a alteração de um bit de valor “0” para o valor “1”, levando a falhas na execução dos softwares instalados em espaçonaves conhecidas como *single event upset*. Como consequência desse efeito são exigidas blindagens extras e componentes eletrônicos mais robustos nas espaçonaves que devem atuar sobre a região do atlântico sul, especialmente no caso brasileiro, onde se exige performance máxima exatamente sobre a área da anomalia.

4.2 A arquitetura da Missão espacial

A arquitetura de uma missão espacial lida com recursos materiais, de pessoal e financeiros, organizando os dois primeiros dentro das restrições impostas pelo último, a fim de cumprir a missão anteriormente especificada. Como definido por Wertz *et all.* (2011, p. 62), na definição da arquitetura de uma missão espacial são analisados oito elementos a saber: o objeto, a carga útil, a espaçonave, o segmento terrestre, as operações, o trinômio comando-

controle-comunicações, as orbitas e o segmento de lançamento. Para definir, então, os requisitos do segmento espacial, vamos analisar cada um dos oito elementos, à luz de todo o estudo realizado anteriormente neste trabalho. Os elementos objeto, carga útil, espaçonave, segmento terrestre, orbitas e segmento de lançamento se referem aos recursos materiais, e os elementos operações e o trinômio comando-controle-comunicações estão relacionados aos recursos humanos.

4.2.1 Objeto

O objeto é o alvo da missão, o que o segmento espacial vai estudar. Como definem Wertz *et al.* (2011, p. 443), o objeto de uma missão espacial refere-se ao ente com o qual a espaçonave vai interagir, detectar ou se comunicar, sendo que, em cada caso, um conjunto de necessidades deve ser levantado, especificando, da maneira mais exata possível, as suas características, quantidades, temporalidade, intervalo de revisita, precisão da localização, e plenitude relativos ao objeto. No caso marítimo sob análise, os objetos serão as embarcações em rios, lagos, oceanos e portos, ou manchas de óleo, e as necessidades levantadas são:

a- Características: conforme constatado no capítulo dois, o Centro de Operações Marítimas necessita localizar embarcações ou manchas de óleo, e determinar sua posição, rumo (ou sentido de deslocamento), velocidade e dimensões. Ainda no caso de manchas de óleo, acompanhar se há aumento das dimensões ou subdivisão.

b- Quantidades: como desejamos que os dados recebidos possam ser relacionados com as informações provenientes de outros sensores, como constatado no capítulo três, o segmento espacial deve ser capaz de monitorar embarcações em número maior do que o realizado pelos sistemas atualmente em uso e que foram apresentados no capítulo dois deste trabalho.

c- Temporalidade: como constatado no capítulo três, a problemática do lapso temporal deve ser reduzida, devendo o segmento espacial reportar os dados dentro do tempo satisfatório para comparação com outras fontes de informação e para acionamento do setor operacional em caso de necessidade de esclarecimento.

d- Intervalo de revisita: como apresentado no capítulo três, o intervalo de revisita define o tempo que será necessário aguardar para a atualização dos dados, no caso de embarcações este tempo deve ser reduzido. Butler (2005, p. 1194) menciona explicitamente que as informações devem chegar ao Centro o mais rápido possível, no caso por ele apresentado as informações estão disponíveis 15 minutos após a recepção dos dados do

segmento espacial. No caso de manchas de óleo, consideramos que este tempo é relativamente maior dadas as velocidades de deslocamento envolvidas serem pequenas.

e- Precisão da localização: Como constatado, também no capítulo três, a precisão da localização é fundamental para a correta correlação das embarcações observadas pelo segmento espacial com as monitoradas pelo AIS. Como descrito por Vachon *et all.* (2014, p. 998) um exemplo de sistema para monitoração do ambiente marítimo por eles apresentado foi projetado para detectar navios de 25 metros de comprimento, em estado do mar até cinco, com precisão. Consideramos esta métrica como a mínima aceitável.

f- Plenitude: esta necessidade está relacionada à área de interesse. Aproveitando a característica de cobertura global que possuem os satélites em órbita baixa, e em face de haver navios brasileiros navegando em diversas regiões, inclusive realizando operações militares em locais distantes das águas jurisdicionais brasileiras como o Líbano, consideramos que a cobertura deve ser global.

4.2.2 Carga útil

A carga útil é o elemento principal do segmento espacial. Como define Wertz *et all.* (2011, p. 445) a carga útil é o equipamento ou programa que irá interagir com o objeto descrito anteriormente, sendo necessário avaliar, dentre as opções disponíveis, a que cumpre a missão com o menor custo de ciclo de vida, e a melhor operacionalidade.

O objetivo da missão é o fator determinante para selecionar qual o tipo de carga útil a ser empregado. No caso considerado, como constatamos no capítulo dois, o objetivo da missão do Centro de Operações Marítimas na MB é a detecção/controlado de tráfego marítimo e a detecção/controlado ambiental, os quais podem ser realizados por sensores ativos (radar) ou passivos (óticos), sendo que os sensores passivos estão limitados pela luz do dia, pela cobertura de nuvens e folhagem densa, porém possuem um custo inferior aos sensores ativos.

Em ambos os tipos de carga útil, existe a limitação de distância em que o sensor deve estar da terra. Os satélites Geoestacionários de sensoriamento que estão a uma altitude de 36.000 km têm menor resolução espacial, cerca de 300 metros segundo Peschoud (2016, p. 1), o que limita seu emprego no monitoramento de tráfego marítimo (necessidade de resolução de 25 metros) e, em parte na detecção de manchas de óleo, sendo mais empregados, segundo a Agência Espacial Europeia, ESA (2010), para monitoramento de dados climáticos e telecomunicações. Dessa forma concluímos que, para as atividades do centro de Operações Marítimas, os satélites devem estar em órbitas baixas (entre 160 km e 2000 km).

Além de definir o tipo de sensor que será utilizado pela carga útil, é preciso definir as características do sensor em si. Meneses (2012, p. 24) considera que, no caso de sensores passivos, quatro tipos de resolução devem ser levados em consideração, a espacial, a espectral, a radiométrica e a temporal. Vamos, então, definir estas resoluções e apresentar seus requisitos para o caso específico em estudo:

a) Resolução Espacial: Definido por Meneses (2012, p. 25) como a distância entre dois objetos, a partir da qual eles são percebidos como objetos distintos. Resoluções submétricas (inferiores a um metro) não são requeridas para monitoramento do ambiente marítimo, dadas as dimensões dos objetos (embarcações ou manchas de óleo) envolvidos. Como descrito anteriormente, pela necessidade de precisão da localização, resoluções de 25 metros são suficientes para localizar embarcações.

b) Resolução Espectral: refere-se à faixa de comprimentos de onda em que o sensor pode atuar, quanto maior a faixa, mais comprimentos de onda podem ser utilizados. Como explicam Meneses *et all.* (2012, p. 27 e 28), os materiais são mais ou menos sensíveis a diferentes comprimentos de onda, logo, a disponibilização de uma resolução espectral maior possibilita identificar e distinguir uma gama maior de objetos (sensores multiespectrais). A utilização de diversas faixas permite observar rios, mesmo encobertos por vegetação leve, pois existem faixas que atravessam a vegetação mas refletem bem em água. No caso do ambiente marítimo em estudo, a importância de sensores multiespectrais está na observação de embarcações em rios com vegetação leve próxima à margem, o que é fato na região do Pantanal e amazônica.

c) Resolução Radiométrica: geralmente definida pela quantidade de bits que representam um pixel da imagem. Como explicam Meneses *et all.* (2012, p. 30), uma imagem com resolução radiométrica de 2 bits pode representar 4 tons diferentes de cinza (2^2), enquanto uma imagem de 8 bits representa até 256 tons de cinza (2^{16}). Dessa forma, uma resolução de 8 bits possui uma melhor definição dos objetos observados, sendo o limite dessa definição dado pela tecnologia disponível e o custo que se pretende para o projeto.

d) Resolução Temporal: a resolução temporal define os mesmos requisitos que a temporalidade e o intervalo de revisita apresentados anteriormente.

Já os sensores ativos apresentam requisitos ligados aos comprimentos de onda do radar e de sua polarização. Como apresentado por Meneses *et all.* (2012, p. 67), o comprimento de onda dos radares de sensoriamento está entre 2,4 e 100 cm, apresentando a vantagem de atravessar barreiras de nuvens e matérias em suspensão na atmosfera. Podem ainda, atravessar cobertura de folhagem espessa quando o comprimento de onda utilizado for

maior do que o tamanho das folhas no local que se pretende obter as imagens. Este tipo de sensor é extremamente útil no sensoriamento de rios e em regiões com densa cobertura de nuvens como a amazônica.

A carga útil, então, pode ser composta por sensores ativos ou passivos, sendo que os passivos, mais baratos, devem ser multiespectrais, porém estão limitados pela luz do dia, cobertura de nuvens e folhagem densa. De qualquer modo, devido à resolução necessária, os satélites devem estar em órbitas baixas, entre 160 km e 2000 km.

4.2.3 Espaçonave

A espaçonave não é o principal fator do segmento espacial, servindo apenas como apoio para a carga útil, esta sim o principal item do segmento. Como define Wertz *et all.* (2011, p. 411), a espaçonave é o conjunto necessário para dar suporte à carga útil, geralmente composto pelos subsistemas de propulsão, determinação e controle de atitude e órbita, potência, processamento de dados, telemetria, controle térmico e estruturas. Geralmente as espaçonaves são modelos padronizados pelas empresas, aos quais se adapta a carga útil especificada pelo cliente, como por exemplo o SPACEBUS 4000 do grupo Thales² ou os Boeing³ 702 HP, MP, e SP. No Brasil, apesar de previsto na END (BRASIL, 2012, p. 79), ainda não existem empresas capazes de projetar e construir satélites com as características de sensoriamento necessárias para o monitoramento marítimo.

Esta padronização das empresas possibilita a redução de custos e a garantia de que a arquitetura dos subsistemas já foi testada em missões anteriores, reduzindo a chance de erros e falhas de projeto. Como exemplo, temos o custo aproximado do projeto RADARSAT-2 de 540 Milhões de Dólares Canadenses em 2007, arcado pelo Departamento de Defesa do Canadá, Governo Canadense, Agencia Espacial Canadense, e a empresa Macdonald Dettwiler & Associates Ltda. (CANADA, 2009, p. 17).

Na especificação da espaçonave um fator importante a ser considerado é o período em que o satélite estará exposto à luz do Sol. Como explicam Maral *et all.* (2009, p. 41 e 61), a única fonte de energia para a carga útil é a solar, que pode ser estocada em um número limitado de baterias, logo, períodos grandes de eclipse solar sobre o satélite (por sombra da

² Todas as espaçonaves da empresa são apresentadas em ordem cronológica. Disponível em https://www.thalesgroup.com/sites/default/files/asset/document/Plaquette_Spacebus-2012.pdf

³ O sitio eletrônico da empresa apresenta suas famílias de espaçonaves em ordem cronológica. Disponível em <http://www.boeing.com/space/boeing-satellite-family/>

Terra por exemplo) demandam baterias robustas, aumentando o peso e valor de lançamento, bem como reduzem a vida útil das mesmas. Este fator é estudado especificamente na definição da órbita da espaçonave e deve ser informado ao fabricante da espaçonave para dimensionamento das baterias.

4.2.4 Segmento terrestre

O segmento terrestre aqui considerado não envolve o Centro de Operações Marítimas como um todo, mas apenas a pequena parte necessária para comunicação e controle do segmento espacial. Como definem Wertz *et all.* (2011, p. 879 e 883), este segmento compreende as instalações e equipamentos necessários para a comunicação e o controle da espaçonave e sua carga útil, geralmente composto pela antena, seus acessórios e o sistema de gerenciamento e distribuição de dados e telemetria. O segmento terrestre também deve levar em conta a taxa de transmissão de dados, relativamente alta para a recepção de imagens multiespectrais, a qual é ditada pela escolha do espectro de frequência, das dimensões da antena, modulação e codificação.

Concluimos, então, que devem haver instalações em terra totalmente voltadas para o segmento espacial, com uma gama de equipamentos específicos e, como constatado no capítulo três, mais de uma estação, a fim de prover flexibilidade e cobertura maiores, evitando gargalos no sistema. Logo, haverá instalações em terra que não vão estar fisicamente próximas ao Centro de Operações Marítimas, acarretando a necessidade de deslocamento de pessoal para operação e manutenção destes sítios, com conseqüente aumento dos custos do projeto. A solução proposta é a utilização de Centros de Operações Espaciais já existentes, tais como o Centro de Operações Espaciais Principal (COPE-P) e o Centro de Operações Espaciais Secundário (COPE-S), atualmente operados pelas três Forças Armadas, sob comando da Força Aérea Brasileira, com sedes respectivamente em Brasília – DF e Rio de Janeiro – RJ, mediante acordos de cooperação.

4.2.5 Operações

Assim como demanda um segmento terrestre específico, o segmento espacial também demanda um setor operacional próprio. Como define Wertz *et all.* (2011, p. 879), a área de operações específica do segmento espacial compreende o pessoal e programas necessários para conduzir a missão. Após a definição do nível de automação envolvido e especificação dos sistemas, determina-se a necessidade de pessoal, sua qualificação e treinamento, a estrutura organizacional, e os custos envolvidos. No caso em questão, as

operações envolvem o controle da espaçonave, sua dinâmica orbital e o controle da carga útil por pessoal especializado, os quais não têm envolvimento direto com os analistas que farão o processamento dos dados recebidos da espaçonave, ou com o setor de Operações do Centro Marítimo em si.

Analisando o ciclo proposto no capítulo três, o único vínculo entre estes dois setores ocorre na etapa da demanda, após a qual as operações do segmento espacial ocorrem de maneira paralela e independente das do Centro de Operações Marítimas, até a entrega do produto final ao mesmo. Como exemplifica Sellers (2004, p. 623), no caso dos Estados Unidos da América, a Força Aérea Americana é responsável por fazer o controle de quase todos os satélites do Departamento de Defesa Norte-americano. Da mesma forma concluímos que, assim como no caso do segmento terrestre específico, a operação também poderia ficar a cargo de Centros de Operações Espaciais já existentes, operados por membros das Forças Armadas, mediante acordos de cooperação.

4.2.6 Comando, controle e comunicações

Este elemento complementa o segmento terrestre, especificamente na área de licenciamento e utilização de frequências no território considerado. Como definem Wertz *et al.* (2011, p. 455) este elemento analisa a maneira pela qual todas as partes da missão irão se comunicar, realiza a determinação das faixas de frequência a serem utilizadas e das características de tráfego, áreas de cobertura, definição e distribuição dos terminais em solo. As comunicações são reguladas pela *International Telecommunication Union* (ITU), definido por Maral (2009, p. 12) como um órgão da ONU, o qual também regula os serviços de radiocomunicação e a alocação de frequências para cada um dos serviços existentes, inclusive todos os serviços de comunicação por satélite. No caso específico do centro de Operações Marítimas no Brasil, a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL)⁴ é o representante junto à ITU, à Organização Internacional de Satélites de Telecomunicações (ITSO) e à Organização Internacional de Satélites Móveis (IMSO). Como consequência, a ANATEL deve ser consultada quanto à alocação e resolução de conflito de frequências antes da especificação das comunicações a fim de evitar conflitos ou mesmo proibições de utilização de frequências pretendidas.

⁴ A Agência Nacional de Telecomunicações tem suas funções específicas definidas em seu sitio eletrônico. Disponível em <http://www.anatel.gov.br/institucional/index.php/pt>

4.2.7 Órbita

A órbita é o caminho que um corpo celeste percorre através do espaço, sendo utilizada sempre a órbita kepleriana. Como explicam Wertz *et all.* (2011, p. 198) a órbita kepleriana é composta por um traçado elíptico, fechado, sendo percorrido por uma espaçonave, ao redor de um segundo corpo de massa muito maior e esférico, e cuja única influência entre estes dois corpos seja a gravidade. As órbitas keplerianas fornecem uma boa aproximação da órbita real, sendo os desvios reais conhecidos como perturbações.

Como mencionado no capítulo três, a escolha da órbita é primordial pois define a cobertura proporcionada, o desempenho da carga útil na órbita, a necessidade ou não de uma constelação de satélites para a missão, bem como o custo em termos de combustível para se atingir e manter essa órbita. Da mesma forma, a limitação dos sensores da carga útil a baixas altitudes, como constatado anteriormente, irá definir parte dos requisitos da órbita.

Para explicar a cobertura proporcionada por uma órbita vamos explicar como o traçado da mesma é visto por um observador em terra.

Considerando a terra parada e uma órbita com inclinação zero (órbita equatorial), a sua projeção na Terra seria exatamente a linha do equador, porém, se a órbita for inclinada, sua projeção será uma linha senoidal que atinge uma latitude norte máxima, passa pelo equador e atinge uma latitude sul máxima, ambas com valor igual à inclinação da órbita como mostrado na FIG. 2 (SELLERS, 2004, p. 179 e 180). Como consideramos a Terra parada, esta projeção se repete, sempre passando sempre sobre os mesmos pontos, ocasionando que a área de cobertura do satélite seja sempre a mesma.

No entanto, como a terra se move, a projeção verdadeira será uma linha senoidal que se desloca para a direita ou esquerda a cada passagem, conforme apresentado na FIG. 3 (SELLERS, 2004, p. 180). Como consequência, o satélite irá cobrir áreas diferentes a cada órbita, eventualmente voltando a cobrir o mesmo ponto em terra após algumas órbitas (revisita). Este fator é importante, pois assim atingimos uma cobertura global, cujo período de repetição vai depender do período da órbita.

Aumentando a inclinação da órbita podemos cobrir pontos cada vez mais próximos dos polos da Terra como mostra a FIG.4. Se quisermos uma cobertura dos polos, a órbita deve ser inclinada a 90 graus (órbita polar). Este fato é importante no caso da MB, pois com a inclinação da órbita acima de 62 graus é possível cobrir a Estação Antártica Brasileira pois, como mostra Souza (2008, p. 21), a mesma se situa a 62 graus de latitude sul.

Controlamos o período (tempo para uma rotação completa) alterando a velocidade da espaçonave. Quanto menor a velocidade, maior o período, e mais vezes o satélite vai

atingir suas latitudes norte e sul máximas, porém vai demorar mais a cobrir o globo e a retornar a um mesmo local. Se a velocidade se igualar à da Terra, o satélite descreverá uma órbita com o formato da figura “oito” (SELLERS, 2004, p. 182), conforme mostra a FIG.5. Neste caso há a vantagem de uma alta taxa de revisita (passa pelo mesmo local uma vez ao dia) mas a desvantagem de uma cobertura limitada, não global.

A última maneira de alterar uma órbita é mudando seu formato (excentricidade), quanto menos circular e mais oval, maior a excentricidade. Com este formato oval, devido a fatores gravitacionais, no ponto mais próximo da Terra (perigeu) o satélite acelera e passa mais rápido, já no ponto mais distante (apogeu), ele desacelera e permanece por mais tempo na mesma região (SELLERS, 2004, p. 183) como mostra a FIG.6. Esta característica é importante, pois se desejarmos uma cobertura por mais tempo no hemisfério sul, foco do Centro de Operações Marítimas, devemos calcular uma órbita inclinada (inclinação igual à da latitude que se quer cobrir), altamente excêntrica, e com apogeu no hemisfério sul.

4.2.8 Segmento de Lançamento

Define como a espaçonave será colocada em sua órbita. Este segmento possui especificidades conforme mencionam Wertz *et al.* (2011, p. 861 e 877), pois dependendo da órbita a ser atingida a espaçonave precisa ser lançada de determinado ponto em terra, como exemplo, no caso da órbita hélio-síncrona (plano da órbita sempre apontado para o Sol) há poucos locais capazes de fazer tal lançamento, dentre eles, os centros de Alcântara no Brasil e Kourou na Guiana Francesa; Ainda deve ser analisado o peso da espaçonave e a capacidade dos lançadores, a localização do centro de lançamento, como transportar a espaçonave para este local, e os custos envolvidos, sendo o segmento onde existe o maior risco, pois em um acidente de lançamento perde-se todo o satélite. A partir do mencionado concluímos que a determinação do segmento de lançamento é muito específica e envolve grandes riscos, pois grande parte do investimento está envolvido diretamente. Como consequência o lançamento deve ser segurado por empresas do setor.

Através das análises dos fatos que levaram às conclusões parciais apresentadas ao longo deste trabalho, chegamos aos diversos requisitos para o segmento espacial de um Centro de Operações marítimas na MB. No setor de recursos materiais temos:

- a) Instalar blindagem extra e componentes eletrônicos mais robustos por causa da Anomalia do Atlântico Sul.
- b) Possuir capacidade de monitorar embarcações em número maior do que o realizado pelos sistemas atualmente em uso.

c) Reportar os dados dentro do tempo satisfatório para comparação com outras fontes de informação.

d) Possuir precisão da localização para a correta correlação das embarcações observadas pelo segmento espacial com as monitoradas pelo AIS.

e) Abranger a totalidade do globo aproveitando a característica de cobertura global dos satélites em órbita baixa.

f) Sensores passivos estão limitados pela luz do dia e pela cobertura de nuvens e folhas espessas, porém, possuem como vantagem um custo inferior aos sensores ativos.

g) A resolução deverá ser de, ao menos, 25 metros.

h) Na opção de sensores passivos, devem ser utilizados sensores multiespectrais

i) Utilizar espaçonave padronizada, com utilização comprovada em outras missões

j) Possuir mais de uma instalação em terra totalmente voltadas para o segmento espacial

k) Atingir cobertura antártica com a inclinação da órbita acima de 62 graus.

l) Calcular uma órbita inclinada, excêntrica, e com apogeu no hemisfério sul.

E no setor de recursos humanos temos:

a) Utilizar de Centros de Operações Espaciais já existentes mediante acordos de cooperação.

b) Consultar a ANATEL quanto à alocação e resolução de conflito de frequências.

Os recursos financeiros serão levantados apenas quando recebidas propostas de execução do projeto, em etapa posterior ao levantamento dos requisitos, e fora do escopo deste estudo.

5 CONCLUSÃO

Como constatado, a Amazônia Azul e águas interiores são de extrema importância para o Brasil, existindo determinação legal para o desenvolvimento de um Centro de Operações Marítimas, cabendo à Autoridade Marítima a iniciativa de implantação, e à Marinha do Brasil a elaboração dos seus requisitos.

Através do estudo da CSM foi constatado que o Centro de Operações Marítimas na MB irá consumir diversos produtos e que dois deles, detecção/controlado do tráfego marítimo e detecção/controlado ambientais podem ser fornecidos por um segmento espacial.

Analisando o fluxo dos recursos a serem fornecidos pelo segmento espacial concluímos que, suas etapas de fornecimento obedecem a ciclos já consolidados, e propusemos alterações para sua perfeita execução. A partir deste novo ciclo, identificamos que deve ser desenvolvido um sistema de coordenação de demandas entre os solicitantes de produtos do segmento espacial, bem como um sistema de correlação entre os dados obtidos com estes recursos e os dados obtidos por outros sensores.

Depois de estudados os fluxos dos produtos do segmento espacial, as necessidades destes fluxos foram utilizadas como balizadoras para a definição do segmento espacial e a elaboração dos seus requisitos. Os requisitos foram divididos em materiais, de pessoal e financeiros, sendo que o último não é objeto deste estudo.

Nos requisitos materiais, apresentados no capítulo quatro, concluímos que a carga útil deve contar com blindagem extra e componentes eletrônicos mais robustos, devido ao fato de que possui características específicas para operações marítimas, especialmente no Atlântico Sul, região de uma conhecida anomalia magnética. Ainda deve ser capaz de realizar imagens com resolução mínima de 25 metros, captando uma quantidade de embarcações maior do que o número atualmente monitorado pelos sistemas já existentes, bem como reportar estas imagens, já processadas, para comparação com outros sensores. Para monitoramento ambiental deve ser capaz de detectar e acompanhar a evolução de manchas de óleo.

Escolher entre sensores SAR, os quais não dependem da luz solar e atravessam a cobertura de nuvens, como as encontradas em grande parte do ano na região amazônica, além de atravessar cobertura de folhagens espessas em margens de rios ou, caso haja limitação orçamentária, escolher sensores passivos multiespectrais.

A órbita a ser selecionada deve ser baixa, possuir características próprias de cobertura, revisita e maior permanência sobre áreas de interesse. Concluímos que devem ser contratados o desenvolvimento e aquisição de espaçonaves específicas para observação marítima, levando em conta que, para cobertura da base antártica brasileira, a órbita deverá possuir uma inclinação superior a 62 graus.

Quanto à espaçonave, concluímos que soluções comerciais padronizadas atendem aos requisitos elaborados, com a segurança adicional de já terem sido testadas em outras missões, não havendo, no momento, soluções nacionais que atendam aos requisitos abordados.

No tocante ao segmento terrestre, e às operações específicas para o segmento espacial, as quais englobam os requisitos de pessoal (capacitados a manter e operar o segmento espacial), concluímos pela utilização de Centros de Operações Espaciais já

existentes, os quais irão entregar os recursos já processados ao Centro de Operações Marítimas na MB.

Com o conteúdo abordado neste trabalho, concluímos que a MB deve adotar a iniciativa de, junto aos demais órgãos de governo relacionados ao ambiente marítimo, propor a criação de um Centro de Operações Marítimas, o qual possua um segmento espacial capaz de auxiliar sua missão, composto por uma espaçonave, com carga útil ativa ou passiva, específica para operações marítimas, a ser operada pelos COPE-P e COPE-S, recebendo os produtos deste segmento espacial já processados.

FIGURAS

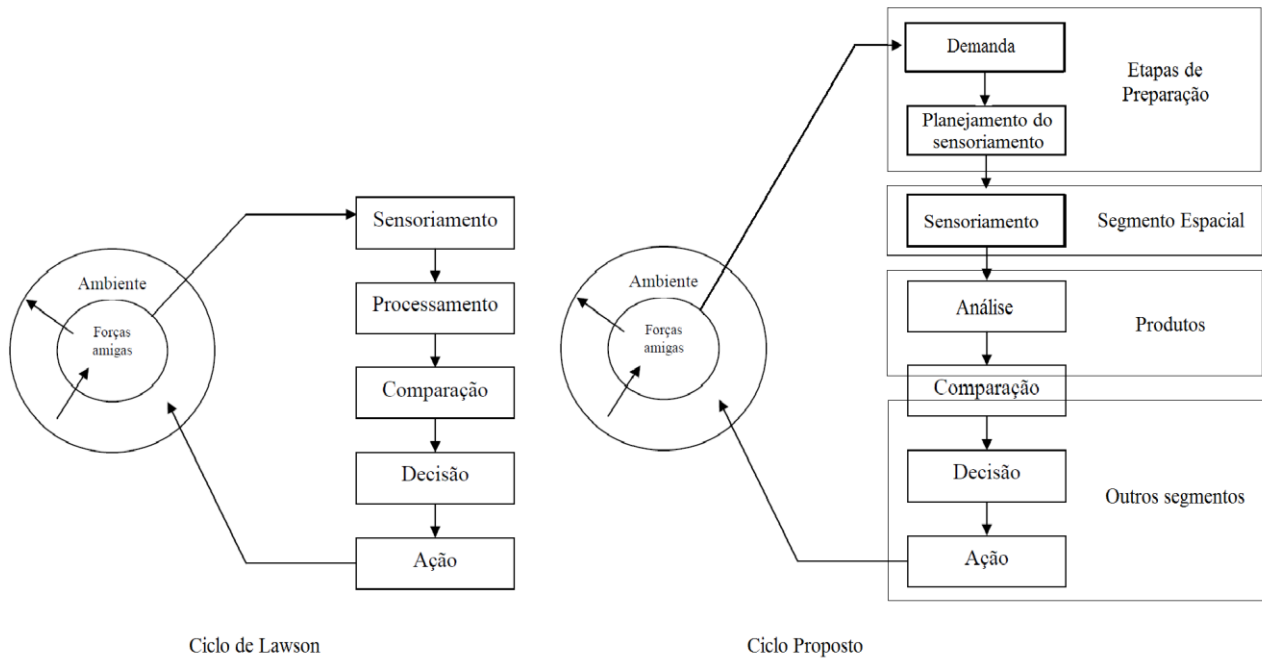


FIGURA 1 – Ciclo de Lawson (esquerda) e proposta de ciclo para os produtos do segmento espacial (direita)

Fonte: COAKLEY, 1992, p. 32 (adaptada do original, tradução nossa).

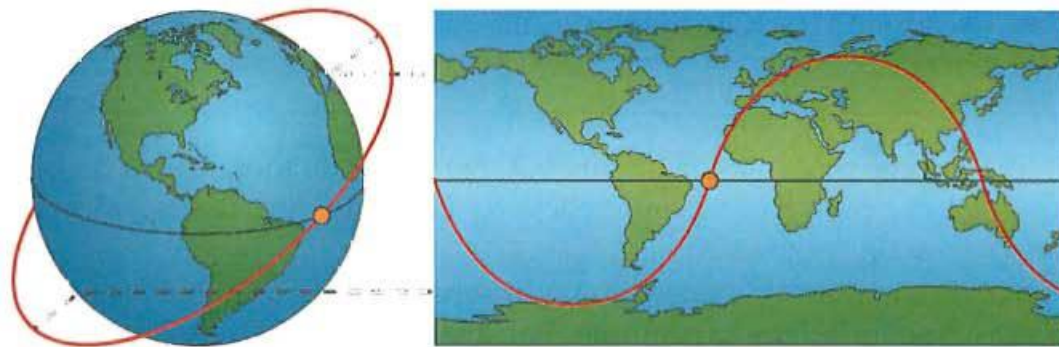


FIGURA 2 - Considerando a Terra parada e uma órbita inclinada, sua projeção será uma linha senoidal.

Fonte: SELLERS, 2004, p. 180.

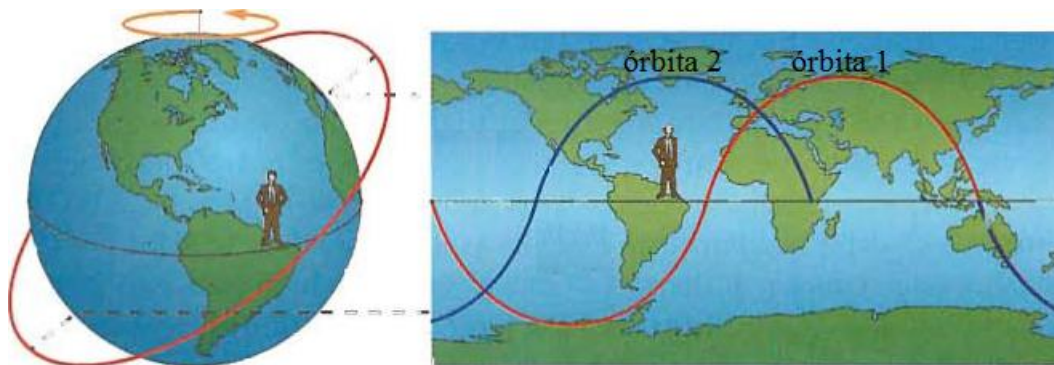


FIGURA 3 - Como a terra se move, a projeção verdadeira da órbita será uma linha senoidal que se desloca para a direita ou esquerda.

Fonte: SELLERS, 2004, p. 183.

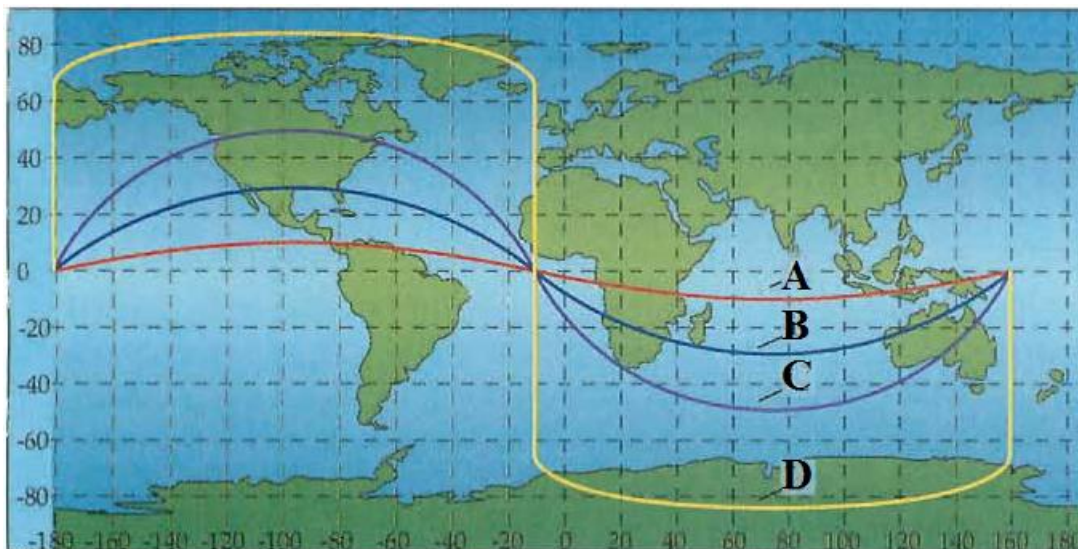


FIGURA 4 - Aumentando a inclinação da órbita podemos cobrir pontos cada vez mais próximos dos polos da Terra.

A - inclinação de 10 graus

B - inclinação de 30 graus

C - inclinação de 50 graus

D - inclinação de 85 graus

Fonte: SELLERS, 2004, p. 183 (tradução nossa).

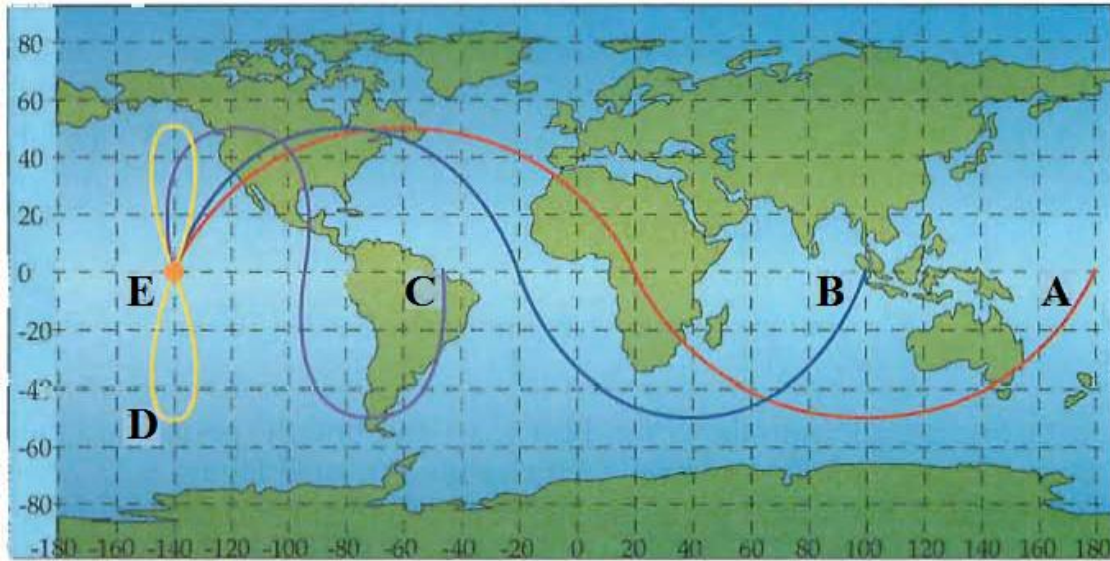


FIGURA 5 - Quanto maior o período da órbita mais vezes o satélite vai atingir suas latitudes norte e sul máximas, porém vai demorar mais a cobrir o globo e a retornar a um mesmo local.

A - período de 2,67 horas

B - período de 8 horas

C - período de 18 horas

D - período de 24 horas

E - equatorial com período de 24 horas (Geossíncrona)

Fonte: SELLERS, 2004, p. 182 (tradução nossa).

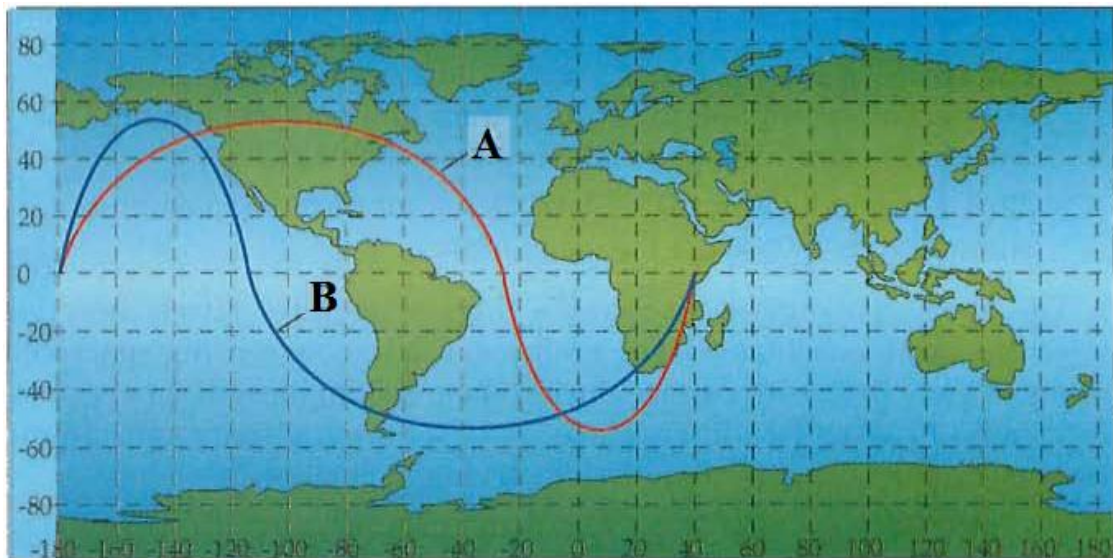


FIGURA 6 - No apogeu da órbita o satélite desacelera e permanece por mais tempo sobre uma mesma região

A - apogeu no hemisfério sul (o satélite passa rápido cobrindo uma vasta área no hemisfério norte e permanece mais tempo e cobrindo uma área menor no hemisfério sul)

B - apogeu no hemisfério norte

Fonte: SELLERS, 2004, p. 184 (tradução nossa).

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei Complementar no 97, de 09 de junho de 1999. Dispõe sobre as normas gerais para organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas. Brasília, 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp97.htm. Acesso em: 16 julho 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Apresentação do Anuário Estatístico Aquaviário. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/Portal/PDF%5CAnuarios%5CApresentacaoAnuario2015.pdf>. Acesso em: 14 jul de 2016.

BRASIL. Ministério da Defesa, Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.defesa.gov.br>. Acesso em: 14 jul de 2016.

BRASIL. Marinha do Brasil. Estado-Maior da Armada. Doutrina Básica da Marinha - EMA-305 2ª revisão: Capítulo 1. Brasília, 2004.

BUTLER, M. P. J. Project polar epsilon: joint space-based wide area surveillance and support capability. 2005 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium p. 1194-1197. Canadá, 2005. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1525331&isnumber=32596>

CANADA. Minister of Public Works and Government Services. Evaluation of the RADARSAT-2 Major Crown Project. Canada, 2009.

COAKLEY, Thomas P. Command and Control for War and Peace, Diane Pub Co. Washington, D.C., EUA, 1992.

ESA - European Space Agency - Eduspace - Satellite Orbits, 2010. Disponível em: http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_EN/SEM70Y3Z2OF_0.html. Acesso em: 14 de agosto de 2016.

FLETT, D. G.; ARSENAULT, E. J.; PIETSCH, R. W.; BUJOLD, D.; SCHALLER, S.; SRIVASTAVA, S. K. Enhanced Management of Orders and Conflicts (EMOC) process: Coordinating RADARSAT-2 data orders for Canadian government users. 2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) p. 1516-1518. Milão, Itália, 2015.

GRIMALDI, C.S.L.; CASCIELLO, D.; COVIELLO, I.; LACAVA, T.; PERGOLA, N.; TRAMUTOLI, V. Satellite oil spill detection and monitoring in the optical range. 2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). Honolulu, EUA, 2010, p. 4487 a 4490.

HEIRTZLER, J.R. The future of the South Atlantic anomaly and implications for radiation damage in space. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Volume 64, edição 16 p. 1701 a 1708. Maryland, EUA, 2002.

HULBURT, E. O.; The origin of the Aurora Borealis, Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity. Journal of Geophysical Research, volume 33, p. 11a 13. EUA, 1928.

JUNIOR, W. S. D. O emprego do sensoriamento remoto para o monitoramento da "Amazônia Azul": Uma configuração aplicável às necessidades da Marinha do Brasil. Escola de Guerra Naval. Rio de Janeiro, 2009.

LIVINGSTONE C.E.; SIKANETA I.; GIERULL C.; CHIU S.; BEAULNE P. Defence Research and Development. Ottawa, Canadá, 2005.

MARAL, G.; BOUSQUET, M.; SUN, Z. Satellite Communications Systems: Systems, Techniques and Technology, Ed Wiley. Reino Unido, 2009.

MENESES, P.R.; DE ALMEIDA, T. Introdução ao Processamento de Imagens e Sensoriamento remoto. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>

ORR, G. E. Combat Operations C3I: Fundamentals and Interactions. USAF Airpower Research Institute, Air University Press, Maxwell Air Force Base. Alabama, EUA, 1983.

PESCHOU, C. Fusion of Sun-Synchronous and Geostationary Images for Coastal and Ocean Color Survey Application to OLCI (Sentinel-3) and FCI (MTG). IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. EUA, 2016.

SELLERS, J.J.; ASTORE, W.J.; GIFFEN, R.B.; LARSON, W.J. Understanding Space: An Introduction to Astronautics. McGraw-Hill, 2a Edição. EUA, 2004.

SOUZA, José Eduardo Borges de. BRASIL NA ANTÁRTICA – 25 Anos de História. Brasil, 2008. Disponível em https://www.mar.mil.br/secirm/publicacoes/livros/brasil_na_antartica.pdf

VACHON, P.W.; KABATOFF, C.; QUINN, R. Operational ship detection in Canada using RADARSAT. 2014 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, p. 998-1001. Quebec City, Canadá, 2014. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6946595&isnumber=6946328>

VYAS, K.; SHAH, P.; PATEL, U.; ZAVARI, T. Oil spill detection from SAR image data for remote monitoring of marine pollution using light weight imageJ implementation. Nirma University International Conference on Engineering. Ahmedabad, India, 2015.

WAI, N.S. A look at oil spill detection and identification using SAR. 2015 International Conference on Space Science and Communication (IconSpace), p. 52-56. Langkawi, Malásia, 2015. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7283779&isnumber=7283733>

WERTZ, J.R.; EVERETT, D.F.; PUSCHELL, J.J.; Space Mission Engineering: The New SMAD, Space Technology Library, Vol. 28. EUA, 2011.

ZOBIRIN, R.; U.S. Space Supremacy Now Critical, SpaceNews, 22 de janeiro de 2015. Disponível em: <http://spacenews.com/op-ed-u-s-space-supremacy-now-critical>. Acesso em: 03 de julho de 2016