



SATÉLITES E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

EMPREGO DA TECNOLOGIA ESPACIAL EM APOIO À INTELIGÊNCIA MARÍTIMA

FOTO: Unsplash/NASA

Capitão Fragata **HENRIQUE AUGUSTO DE OLIVEIRA**

Chefe da Seção de Inteligência Marítima – COMPAAZ
Aperfeiçoado em Eletrônica

Capitão de Corveta **VITOR SUCENA VALÉRIO**

Encarregado da Divisão de Segurança Marítima – COMPAAZ
Aperfeiçoado em Eletrônica

INTRODUÇÃO

A primeira imagem do espaço foi obtida em voo suborbital, a partir de um foguete V-2 modificado pelos Estados Unidos da América (EUA), lançado em 24 de outubro de 1946 e que registrou uma imagem a cada 1,5 segundo. Com um ápice de 65 milhas (105 km), essas fotos foram em altura suficiente para observar a curvatura do planeta.

A fotografia da Terra conhecida como *The Blue Marble* (A Bolinha Azul) foi capturada do espaço em 7 de dezembro de 1972 e se tornou popular na mídia e entre o público. Também, em 1972, os EUA deram início ao programa *LANDSAT*, o maior programa de aquisição de imagens oriundas do espaço orbital da Terra. Em 1978, foi lançado o primeiro radar de imageamento da terra a partir do espaço, empregando satélites ERS-1, com emprego de tecnologia SAR – *Synthetic aperture radar*.¹

EMPREGO DO SATÉLITE SENTINEL-1

A nova geração de sistemas SAR, composta pela série *Sentinel*, teve seu marco inicial em 2014, tendo sido o *Sentinel-1* lançado em 3 de abril de 2014. A missão *Sentinel-1* compreende uma constelação de dois satélites em órbita polar, operando dia e noite realizando imagens de radar de abertura sintética¹ de banda C, permitindo-lhes adquirir imagens mesmo em condições adversas de cobertura do céu.

Além disso, o SAR possui a vantagem sobre os sensores ópticos pelo fato de atuar como um sensor ativo capaz de transmitir energia eletromagnética para produzir imagens da superfície da Terra. Esse fator gera independência da luminosidade solar sob o alvo, para que seja percebido pelo radar (FRANCESCHETTI; LANARI, 1999 *apud* SOARES, 2014).

Ademais, o SAR pode ser empregado em plataformas espaciais, onde a grande velocidade de voo da plataforma (Ex. 7000 m/s) possibilita obter imagens de uma grande área em curto espaço de tempo (em 10 s, 70 km de extensão).

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e a Comissão Europeia firmaram, em 2018, um Arranjo de Cooperação no contexto do Programa Copernicus. Dentro desse acordo, a Agência Espacial Brasileira (AEB), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e a Agência Espacial Europeia (ESA) firmaram um Arranjo de Cooperação Técnica, com vigência até 2024, para tratar de acesso aos dados Sentinel, atividades de calibração de dados e desenvolvimento de aplicações.

Uso de Imagens Satélite como objeto de análise de dados

O Comando de Operações Marítimas e Proteção da Amazônia Azul (COMPAAz) foi ativado, em dezembro de 2021, como etapa do fundamental processo de aprimoramento da estrutura do Comando de Operações Navais (ComOpNav) e consolidou a fusão da Subchefia de Operações do ComOpNav e do Centro Integrado de Segurança Marítima (CISMAR).

Sendo capaz de promover maior agilidade nas respostas às diversas situações que se apresentam, sua criação reforçou a importância do uso de sistemas capazes de permitir o monitoramento e vigilância do entorno estratégico brasileiro.

Em ajustado compasso com a evolução da doutrina, preparo e emprego foram incorporados aos Centros de Comando e Controle sistemas capazes de fornecer imagens satélite de elevada precisão em reduzido espaço de tempo, visando ao melhor apoio à decisão.

USO DOS SISTEMAS SATÉLITE NA INTELIGÊNCIA MARÍTIMA: SISTEMAS ATUALMENTE EM USO

Sistema de Identificação Automática (AIS)

De maneira genérica, o Sistema de Identificação Automática (do inglês *Automatic Identification System*) é um sistema de identificação de navios integrado ao sistema de navegação que permite realizar a transmissão de dados.

O AIS é utilizado por embarcações e por serviços de controle de tráfego marítimo (similares aos serviços de con-

WHAT?
The first in the Copernicus Sentinel series, a constellation of two identical radar imagery satellites in the same orbit, providing an all-weather, day-and-night supply of images of Earth's surface

WHEN?
Sentinel-1A was launched on 3 April 2014 and Sentinel-1B on 25 April 2016. Both were taken into orbit on a Soyuz rocket, from Europe's Spaceport in French Guiana

WHERE?
Designed and built by a consortium of around 60 companies led by Thales Alenia Space and Airbus Defence and Space

WHAT'S NEXT?
Continuity over the coming years will be ensured by the launch of additional satellites (Sentinel-1C and Sentinel-1D). Furthermore, a new generation of Sentinel-1 satellites is being prepared, to take up the relay from the first generation

DATA AND USERS
As of end 2020, about 6 million products have been generated and made available for download, culminating a total of 10 Petabytes. More than 30 million Sentinel-1 product downloads have been made by users, representing nearly 40 Petabytes. Data are exploited by various users: Copernicus Services, public institutions, scientists, commercial companies

APPLICATIONS
Main applications include:

- Monitoring sea ice and icebergs
- monitoring of land ice (glaciers, ice sheets, ice caps)
- river and lake ice monitoring
- oil spills and ships
- marine winds & waves
- land-use change, agriculture, deforestation
- land deformation
- and support to emergency management such as floods and earthquakes

BENEFITS
Services relate to:

- Monitoring of Arctic sea-ice extent
- routine sea-ice mapping
- maritime surveillance (oil spill monitoring, ship detection, illegal fisheries)
- monitoring land-surface for motion risks including subsidence, landslides
- understanding of Earth processes (earthquakes, volcanoes)
- monitoring of infrastructure
- mapping for forest, water and soil management
- and mapping to support humanitarian aid and crisis situations

DATA ACCESS
<https://scihub.copernicus.eu>

trole do espaço aéreo) para identificação e localização de navios, a fim de evitar colisões e de auxiliar nas atividades de busca e salvamento. É capaz de transmitir e receber continuamente informações dos navios, como dados estáticos (número, nome, comprimento e boca e tipo de navio), dados dinâmicos (posição, rumo, velocidade e status de navegação) e dados de viagem (carga e destino).

SeaVision

O SeaVision é uma ferramenta de visualização de embarcações marítimas baseada no Google Maps, desenvolvida pelo Departamento de Transportes dos Estados Unidos e pelo Volpe Center. Foi desenvolvido especificamente para uso pela Marinha dos EUA e agências governamentais de nações parceiras internacionais.

O SeaVision coleta dados posicionais de várias fontes e os exibe simultaneamente na mesma tela em um navegador da web, sendo uma ferramenta utilizada visando ampliar a consciência situacional marítima (CSM)². Disponibilizada no ambiente WEB, permite aos usuários visualizar e compartilhar ampla gama de informações para melhorar as operações marítimas, aumentar a segurança marítima e construir parcerias dentro da comunidade marítima.

Para ajudar o usuário a gerenciar as informações, o SeaVision fornece análises baseadas em regras definidas pelo usuário para avaliar e notificar o usuário sobre atividades ou eventos marítimos definidos, sendo uma ferramenta de visualização e gerenciamento de baixo custo que tem a capacidade de adicionar e correlacionar rapidamente várias fontes de dados para atender a várias necessidades.

Exibe dados de posição da embarcação derivados de imagens de radar de satélite e tem a capacidade de correlacionar esses dados com os relatórios de posição do AIS.

O SeaVision recebe dados de embarcações do Sistema de Informação de Segurança e Proteção Marítima (MSSIS), uma rede de distribuição e coleta de dados quase em tempo real onde participantes internacionais compartilham relatórios de posição AIS.

O SeaVision exibe dados de posição da embarcação derivados da detecção por satélite de fontes de luz artificiais provenientes de navios e outras fontes artificiais no mar.

O SeaVision pode fornecer imagens de alta resolução de embarcações, juntamente com informações de posição e direção provenientes de dados eletro-ópticos de satélite. Esses dados também podem ser correlacionados com os relatórios de posição do AIS.

Programa Brasil M.A.I.S. (Meio Ambiente Integrado e Seguro) – Subprograma de Consciência Situacional por Sensoriamento Remoto

A Plataforma Web permite o acesso e o compartilhamento das imagens óticas de satélites diárias adquiridas pela constelação PlanetScope, composta por mais de 180 satélites, fornecidas no âmbito do contrato celebrado entre Polícia Federal e a Santiago & Cintra Consultoria (SCCON).

O compartilhamento das imagens por meio da Plataforma Web visa contribuir para que o acesso e a utilização dos produtos fornecidos sejam potencializados e compartilhados



entre as instituições e milhares de usuários públicos de todo Brasil cadastrados na Plataforma a partir de termo de adesão ao Programa Brasil M.A.I.S.

O programa fornece imagens satélites, tendo como vantagem a influência da cobertura do céu como fator limitante de emprego, bem como restrição ao Território Nacional e Mar Territorial.

LRIT (Sistema de Identificação e Acompanhamento de Navios a Longa Distância)

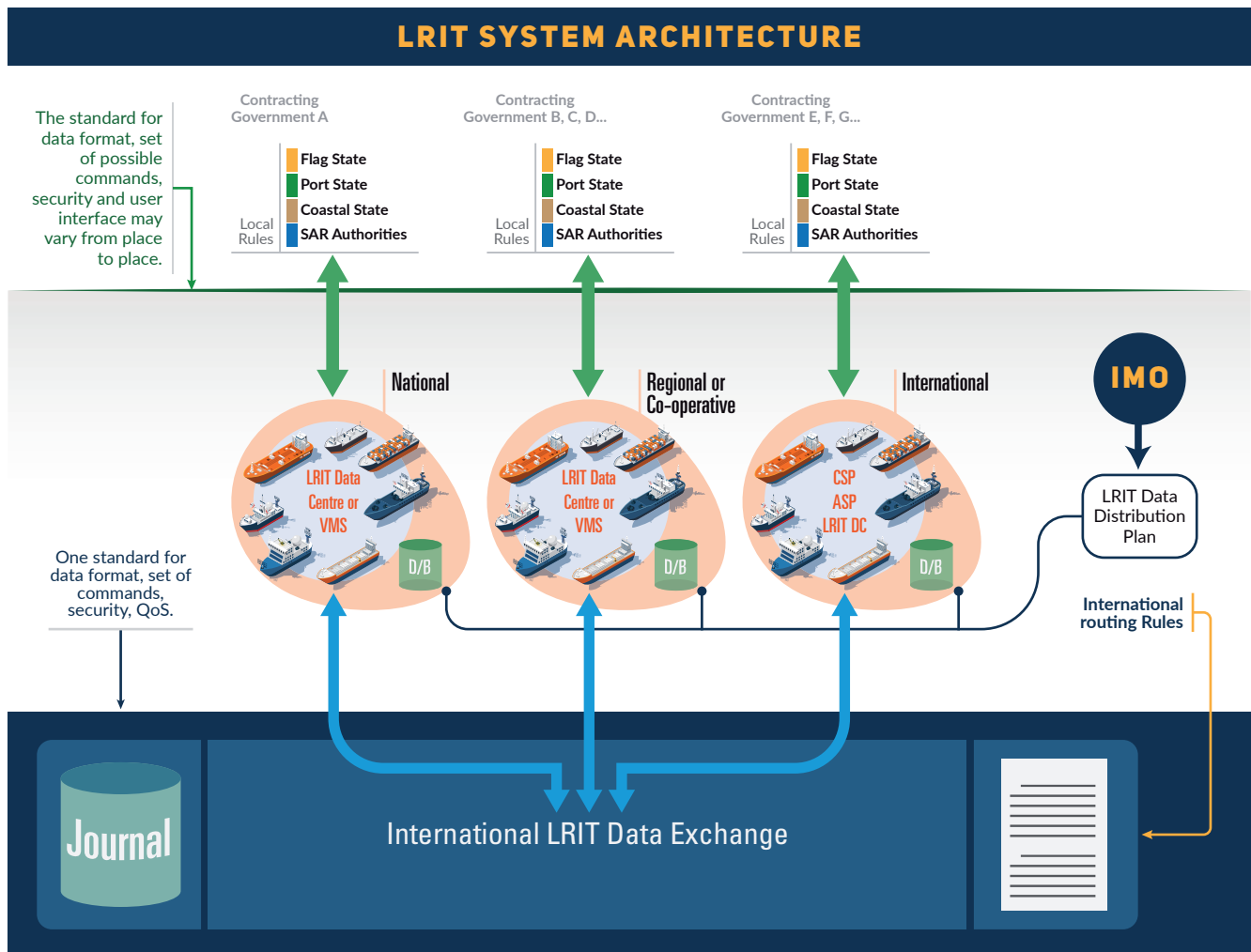
Pela Resolução MSC 202(81) da Organização Marítima Internacional (IMO), adotada em 19 de maio de 2006, foi criado o LRIT, no qual é exigido o envio de informações sobre o posicionamento de navios para os Centros de Dados do Sistema LRIT.

O sistema de Identificação e Rastreamento de Longo Alcance (LRIT) fornece a identificação e o rastreamento global de navios para aumentar a segurança do transporte marítimo e para fins de segurança e proteção do ambiente marinho.

Tem como propósito manter o acompanhamento da movimentação de navios mercantes, sujeitos à regulamentação SOLAS, por meio de informações padronizadas de posição, fornecidas pelos provedores de sistemas de acompanhamento (*tracking*).

A informação LRIT transmitida inclui a posição GNSS³ do navio (com base no datum WGS 84), hora e identificação do equipamento embarcado. O equipamento embarcado deve ser configurado para transmitir automaticamente as informações LRIT do navio em intervalos de 6 horas para o equipamento de recepção operado pela Administração de bandeira, a menos que o Governo Contratante solicitando o fornecimento de informações LRIT especifique um intervalo de transmissão mais frequente.

No caso do Brasil, que aderiu ao LRIT como Centro de Dados Regional (servindo atualmente como centro também para Uruguai e Namíbia), a regra internacional foi internalizada pela Norma da Autoridade Marítima (NOR-MAM-08).



FONTE: The International Mobile Satellite Organization (IMSO)

A informação LRIT transmitida do navio percorre o caminho de comunicação configurado pelo Provedor de Serviços de Comunicação (CSP) para o Aplicador de Serviços de Comunicação (ASP). O ASP, depois de receber a informação LRIT da embarcação, acrescenta informação adicional à mensagem LRIT e passa a mensagem expandida para o seu Centro de Dados (DC) associado. Os DCs devem armazenar todas as informações LRIT recebidas de navios instruídos por suas Administrações para transmitir informações LRIT a esse DC. Os DCs divulgam as informações LRIT aos Usuários de Dados LRIT de acordo com o Plano de Distribuição, que contém as informações exigidas pelos DCs para determinar como as informações LRIT são distribuídas aos vários Governos Contratantes.

O International LRIT Data Exchange (IDE) processa todas as mensagens LRIT entre DCs e as encaminha para o DC apropriado com base no endereço da mensagem. O IDE não processa nem armazena as informações contidas nas mensagens LRIT.

Os usuários de dados do LRIT podem ter o direito de receber ou solicitar informações do LRIT em sua qualidade de Estado de bandeira, Estado do porto, Estado costeiro ou serviço de busca e salvamento, conforme prescrito na regra V/19-1 da Convenção SOLAS de 1974.

O Coordenador LRIT auxilia no estabelecimento de componentes do sistema LRIT, desempenha funções administrativas e analisa e audita o desempenho de determinados componentes do sistema LRIT.

O COMPAAz funciona como CDRL-Brasil, sendo a base do banco de dados funcionando como um sistema independente e como fonte do Sistema de Monitoramento do Tráfego Marítimo (SISTRAM).

SisGAAz

A defesa proativa requer maior agilidade, inclusive decisória, para a tomada da iniciativa das ações, enquanto a reativa espera a ameaça ser concretizada, para dar início às medidas. A adoção da primeira se faz necessária, por exemplo, para defender as infraestruturas energéticas marítimas do Brasil na Amazônia Azul (PEM 2040).

O Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz) tem como missão “Monitorar e proteger, continuamente, as áreas marítimas de interesse e as águas interiores, seus recursos vivos e não vivos, seus portos, embarcações e infraestruturas, em face de ameaças, emergências, desastres ambientais, hostilidades ou ilegalidades, a fim de contribuir para a segurança e a defesa da Amazônia Azul e para o desenvolvimento nacional”.

Voltado para a égide do trinômio monitoramento, mobilidade e presença, o SISGAAz proporcionará um *data link* confiável desenvolvido no Brasil, na utilização de veículos aéreos não tripulados (VANTs), bem como infraestrutura de tráfego de voz, dados e vídeo, rádios definidos por *software*, comunicações por satélite, radares de longo alcance, sensores acústicos subaquáticos, entre outros.

O FUTURO DA INTELIGÊNCIA MARÍTIMA

Emprego de Inteligência Artificial e Machine Learning na Inteligência Marítima

Machine Learning ou Aprendizado de Máquina nasceu nos anos 1960 como um campo da inteligência artificial que tinha como objetivos aprender padrões com base em dados. Em especial, o aprendizado supervisionado está relacionado ao aprendizado e previsões a partir de dados da variável resposta que estão rotulados (IZBICKI; SANTOS, 2020).

Dentro dos sistemas utilizados, podemos citar o uso de Aprendizado de Máquina para definir comportamentos não conformes com o padrão, tais como:

- navegação anômala, baseados em rotas conhecidas, alertando o usuário quando da ocorrência de eventos denominados “encontros escuros”;
- eventos de encontros entre navio em alto-mar, conhecidos como *ship to ship*, ocorrendo fora de áreas já estabelecidas e autorizadas para tais atividades; e
- perfis de navegação de contatos suspeitos sendo diferenciados de perfis de navegação de embarcações do tipo “pesqueira”.

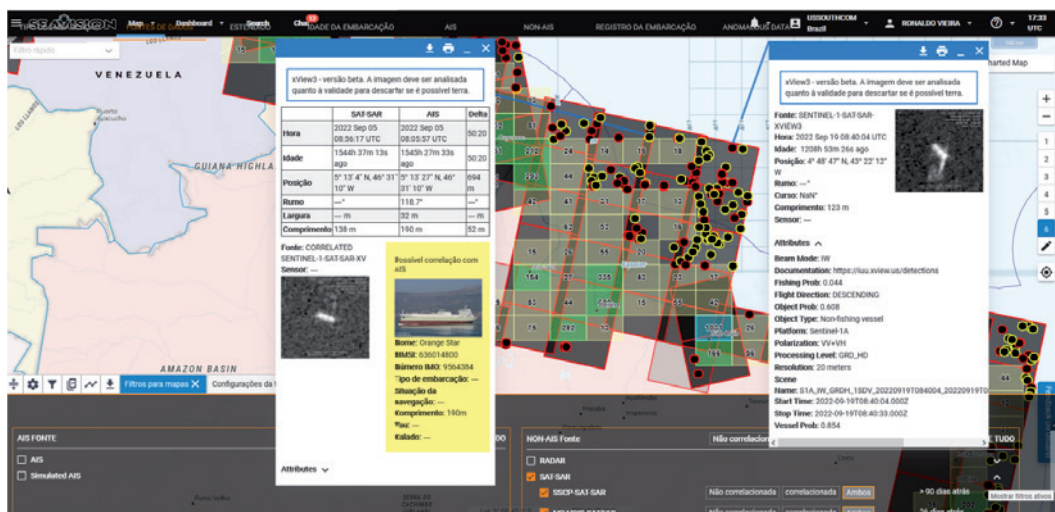
Essas tecnologias vêm sendo utilizadas no incremento da CSM em todos os níveis, contribuindo no processo decisório.

Caso concreto: Emprego de Imagem SAT-SAR do Seavision para identificação de contatos

É possível realizar a correlação de imagens eletro-ópticas, com contatos ativos não colaborativos, ou seja, aqueles que não estão emitindo um sinal para seu acompanhamento, empregando um segundo método de confirmação do contato.

Atualmente, o COMPAAz, sendo um *hub* informacional, realiza rotina de monitoramento do Tráfego Marítimo nas Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), observando contatos obtidos por meio de imagens satélites (SAT-SAR), cujas análises pelo Centro de Operações Marítimas (COpMar) não obtiveram correlação com nenhuma fonte colaborativa (AIS,

PREPS, LRIT etc.), retransmitindo aos Centros Coordenadores de Área (CCNA) mensagens contendo posições dos contatos, data-hora e comprimento aproximado, como forma de consolidar conhecimento de possíveis embarcações não colaborativas, a fim de aprofundar a análise no monitoramento.



FONTE: Autor

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo apresentar conceitos do emprego de tecnologia espacial, por meio do emprego de imagens satelitais, e aprendizado de máquina e suas aplicações práticas na rotina de monitoramento utilizada no COPMar, com ênfase na Seção de Inteligência Marítima.

Dessa forma, foi realizada uma breve explanação sobre o emprego de Satélites com tecnologia SAR, seu emprego na Marinha do Brasil ao longo do tempo até os dias atuais.

Em seguida, foram apresentados os Sistemas de apoio à decisão que contém tal tecnologia.

Buscando manter-se na dianteira da fronteira tecnológica, deu-se início ao uso de sistemas de monitoramento, nos quais foram introduzidos algoritmos com aprendizado de máquina, otimizando o processo de análise realizado na classificação dos contatos de interesse.

Dando materialidade ao artigo, como caso concreto, foi apresentado, de maneira sucinta, o emprego dos sistemas em apoio a decisão, sendo o primeiro de aplicabilidade corriqueira na classificação de contatos do tipo NAESP, realizada pelos Analistas da Seção de Inteligência Marítima do COMPAAZ.

Conclui-se que o advento de tais tecnologias vem contribuindo para vigilância da Amazônia Azul, dando celeridade na execução dos processos internos decisórios, desde o analista até o decisor final, que recebe informações em tempo quase-real de sistemas robustos e de grande confiabilidade, visando manter a CSM elevada em todos os níveis e a interface homem máquina do SisGAAz amigável.

Notas

- 1- É uma forma de radar, que é usada para criar imagens de um objeto, como uma paisagem. O SAR fornece uma resolução espacial mais fina do que é possível com radares de feixe de varredura convencionais.
- 2- Efetiva compreensão das tendências e relações, que se desenvolvem temporalmente no ambiente marítimo, entre diversos atores, que podem impactar a defesa, a segurança, a economia, o meio ambiente e o entorno estratégico de um país.
- 3- É o termo amplo para sistemas de navegação por satélite, cujo objetivo é fornecer posicionamento geo-espacial com cobertura global. Assim sendo, o GPS é um entre vários sistemas de posicionamento que têm como finalidade fornecer, a um aparelho receptor móvel, a sua posição.

Referências

- SANTOS, Thauan *et al.* (orgs.). **Economia Azul**: vetor para o desenvolvimento do Brasil. São Paulo: Essential Idea, 2022.
- MARINHA DO BRASIL. **Plano estratégico da Marinha 2040**. Brasília: Estado-maior da Armada, 2020. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/sites/all/modules/pubpem2040/book.html>. Acesso em: 2 maio 2023.
- SOARES, Anderson Silva. **Emprego de imagens SAR orbitais para incremento da consciência situacional marítima**. São José dos Campos, 2014.
- IZBICKI, R.; SANTOS, T.M. dos. **Aprendizado de máquina: uma abordagem estatística**. São Carlos: Raafel Izbicki, 2020.
- LRIT (Sistema de Identificação e Acompanhamento de Navios a Longa Distância). Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/salvamarbrasil/Sistema/lrit>. Acesso em: 4 maio 2023.
- LRIT (Sistema de Identificação e Acompanhamento de Navios a Longa Distância). Disponível em: <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/LRIT.aspx>. Acesso em: 24 maio 2023.
- PROGRAMA BRASIL MAIS. Disponível em: <https://plataforma-pf.scon.com.br/#/>. Acesso em: 3 maio 2023.
- SISTRAM (Sistema de Informações Sobre o Tráfego Marítimo). Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/salvamarbrasil/Sistema/sistram>. Acesso em: 4 maio 2023.
- THE EUROPEAN SPACE AGENCY. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/mis-missions/sentinel-1>. Acesso em: 3 maio 2023.
- https://www.gov.br/defesa/ac/_users/credentials_cookie_auth/require_login?came-from=https%3A/www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/censipam/atuaacao/monitoramento-do-desmatamento.