

Regulação para o ADS-B¹ no espaço aéreo brasileiro

Regulation for ADS-B¹ in Brazilian airspace

Regulación para ADS-B¹ en el espacio aéreo brasileño

Raul Sandoval Cerqueira ¹

RESUMO

A Vigilância Dependente Automática por Radiodifusão (ADS-B) é uma tecnologia bastante conhecida, padronizada internacionalmente e reconhecida como uma forma barata de se realizar vigilância similar ao radar, inclusive sobre locais onde a vigilância por radar convencional não é adequada. A implementação desta tecnologia significa a introdução de novas configurações de espaço aéreo monitorado e novas capacidades operacionais. A regulamentação do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) deverá prover processos adequados para as operações da aviação civil de forma a fazer frente a esta etapa evolutiva. Este estudo cujo objetivo é contribuir para o fortalecimento da regulação que dará suporte ao ADS-B no Brasil foi desenvolvido com base no método hipotético-dedutivo, subsidiado por revisão bibliográfica, entrevistas não estruturadas do tipo focalizadas, estudos de casos de regulação internacional e estudo de caso de implantação nacional do ADS-B. Resultou na identificação de hipóteses de melhorias regulatórias com impacto positivo à implementação do ADS-B no espaço aéreo nacional, a serem submetidas à verificação e discussão posteriores.

Palavras-chave: ADS-B. Regulação. Vigilância. Aviação civil.

ABSTRACT

The Automatic Dependent Broadcasting Surveillance (ADS-B) is a well-known technology, internationally

standardized and recognized as an inexpensive way to carry out radar-like surveillance, even in places where conventional radar surveillance is not adequate. The implementation of this technology means the introduction of new monitored airspace configurations and new operational capabilities that should be understood by the aeronautical community and the regulation of the Department of Airspace Control (DECEA) and the National Civil Aviation Agency (ANAC) should provide adequate processes for civil aviation operations in order to face this evolutionary stage, improving concepts and adapting procedures. This study, whose objective is to contribute to the strengthening of the regulation that will support ADS-B in Brazil, was developed with a multi-methodological approach, including a literature review, expert consultation, international benchmark and case study, and resulted in the identification of 15 possible regulatory improvements with a positive impact on the implementation of ADS-B in national airspace.

Keywords: ADS-B. Regulation. Surveillance. Civil Aviation.

RESUMEN

La vigilancia de Radiodifusión Dependiente Automática (ADS-B) es una tecnología bien conocida, estandarizada internacionalmente y reconocida como una forma económica de llevar a cabo vigilancia tipo radar, incluso en lugares donde la vigilancia por radar convencional no es adecuada. La implementación de

I. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Rio de Janeiro/RJ - Brasil. Mestrado em Advanced Master Air Navigation System Engineering and Operations pela Ecole Nationale de l'Aviation Civile(ENAC). E-mail: raul.cerqueira@anac.gov.br
Recebido: 18/08/21 Aceito: 14/10/21

¹ ADS-B: Vigilância automática dependente por radiodifusão (*Automatic Dependent Surveillance – Broadcast*).

esta tecnología significa la introducción de nuevas configuraciones del espacio aéreo monitoreado y nuevas capacidades operativas que deben ser entendidas por la comunidad aeronáutica y la regulación del Departamento de Control del Espacio Aéreo (DECEA) y la Agencia Nacional de Aviación Civil (ANAC) debe proporcionar procesos adecuados. para las operaciones de la aviación civil para afrontar esta etapa evolutiva, mejorando conceptos y adaptando procedimientos. Este estudio, cuyo objetivo es contribuir al fortalecimiento de la regulación que apoyará a ADS-B en Brasil, fue desarrollado con un enfoque multimetodológico, incluyendo revisión de literatura, consulta de expertos, benchmark internacional y estudio de caso, y resultó en el identificación de 15 posibles mejoras regulatorias con impacto positivo en la implementación de ADS-B en el espacio aéreo nacional.

Palabras clave: ADS-B. Regulación. Vigilancia. Aviación Civil.

1 INTRODUÇÃO

A implementação da Vigilância Automática Dependente por Radiodifusão (ADS-B) no Brasil demanda que a regulação nacional seja aprimorada para acompanhar esse passo evolutivo e prover as condições necessárias para o uso seguro e eficiente dessa tecnologia.

Frente a esse problema, este estudo tem por objetivo identificar possibilidades de melhorias na regulamentação brasileira relativas à implementação do ADS-B.

Com base na metodologia hipotético-dedutiva acompanhada de técnicas de pesquisa, tais como revisão bibliográfica, entrevista não estruturada do tipo focalizada e estudos de casos, foram elaboradas tais hipóteses de melhoria da regulação.

2 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido com base no método hipotético-dedutivo (LAKATOS, MARCONI, 2003), o qual foi subsidiado por múltiplas técnicas de pesquisa.

Inicialmente, por meio de revisão bibliográfica, buscou-se conhecimento para a identificação do problema e proposição de conjecturas para endereçá-lo.

Em seguida, procedeu-se a realização de entrevista não-estruturada do tipo focalizada (LAKATOS, MARCONI, 2003) com especialistas no assunto, seguido de estudo de casos de regulação internacional e estudo de caso de implantação do sistema em espaço aéreo nacional.

Tal abordagem permitiu o aprimoramento das conjecturas iniciais, chegando-se às hipóteses propostas

para a melhoria da regulação nacional no tocante ao uso do ADS-B no espaço aéreo nacional.

Observa-se que no âmbito deste trabalho, tais hipóteses não foram submetidas a testes que permitam corroborá-las e, por isso, entende-se que essas seriam úteis como subsídios iniciais para os processos de análise de impacto regulatório dos órgãos pertinentes.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Histórico

A evolução do uso da Comunicação por Enlace de Dados (*Data Link*) para fins de aviação vem desde a década de 1970, com os primeiros aplicativos ACARS - *“Aircraft Communication Addressing and Recording System”*. (SPITZER, et al., 2014).

Em 1983, a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) estabeleceu o Comitê Especial sobre Futuros Sistemas de Navegação Aérea (FANS) para estudar o uso de *“Automatic Dependent Surveillance”* (ADS) para a aviação civil. (SPITZER, et al., 2014).

Em 1998, a RTCA publicou o documento DO 242, definindo os Padrões Mínimos de Desempenho do Sistema de Aviação de tecnologia ADS-B (MASPS), e em 2000, a RTCA publicou o documento DO 260, estabelecendo os Padrões Mínimos de Desempenho Operacional (MOPS) para o equipamento ADS-B aerotransportado de 1090 MHz. (RTCA, 1998, 2000).

Três tecnologias de transmissão foram desenvolvidas e encontram-se padronizadas pela OACI para ADS-B: UAT - *Universal Access Transceiver* (OACI Doc. 9861); VDL4 - *VHF Digital Link Mode 4* (OACI Doc. 9816); 1090 MHz ES (OACI Doc. 9871), contudo na Recomendação 1/7 da “AN Conf / 11” em 2003, o Conselho da OACI recomendou o ADS-B 1090 MHz ES como o padrão internacional a ser usado. (OACI, 2012, 2016).

Devido ao desenvolvimento dos padrões existem hoje em uso três versões distintas de ADS-B baseadas em 1090 MHz ES.

Adicionando passos importantes no caminho evolutivo do ADS-B, a AIREON, empresa criada em 2012, em parceria com a empresa Iridium, hospedou seus receptores ADS-B especialmente projetados em 66 satélites da *Iridium Next Constellation*, para fornecer cobertura ADS-B global (AIREON, 2019b, 2020).

3.2 Conceitos e definições relativos a ADS-B

A fim de estabelecer um padrão internacional para o conceito do ADS-B, no ANEXO 11, a OACI definiu ADS-B como:

Vigilância dependente automática por Radiodifusão (ADS-B). Um meio pelo qual aeronaves, veículos de aeródromo e outros objetos podem transmitir e / ou receber automaticamente dados como identificação, posição e dados adicionais, conforme apropriado, em um modo de transmissão por meio de um enlace de dados. (OACI, 2016, p. 1-5, tradução nossa).

Considerando as possibilidades a seu respeito, é importante destacar os dois conceitos distintos: ADS-B OUT, a capacidade primária, meio pelo qual a aeronave transmite suas informações de maneira padronizada e ADS-B IN, a capacidade de um veículo ou aeronave de receber e processar a informação veiculada por outrem. (OACI, 2014, p. 1-1, tradução nossa).

O ADS-B OUT requer a implementação de algum tipo de capacidade de recepção para obter resultados práticos, que pode ser terrestre, satélite ou ADS-B IN. Além disso, como a informação é originada pela aeronave transmissora, a quantidade de aeronaves equipadas no espaço aéreo é crítica para diversas aplicações ADS-B.

O diagrama na Figura 1 resume o sistema ADS-B considerando o padrão 1090 MHz ES.

Como características comuns a todas as configurações de ADS-B 1090MHz ES implementadas, é interessante destacar:

I. Informação transmitida

Os transponders ADS-B transmitem parâmetros da aeronave, como identificação (endereço de 24 bits e identificação de voo de acordo com o plano de voo), posição (latitude, longitude e altitude de pressão), velocidade tridimensional e integridade da posição, por meio de dados de modo de transmissão link em 1090 MHz. (CANSO, 2016, p. 13, tradução nossa).

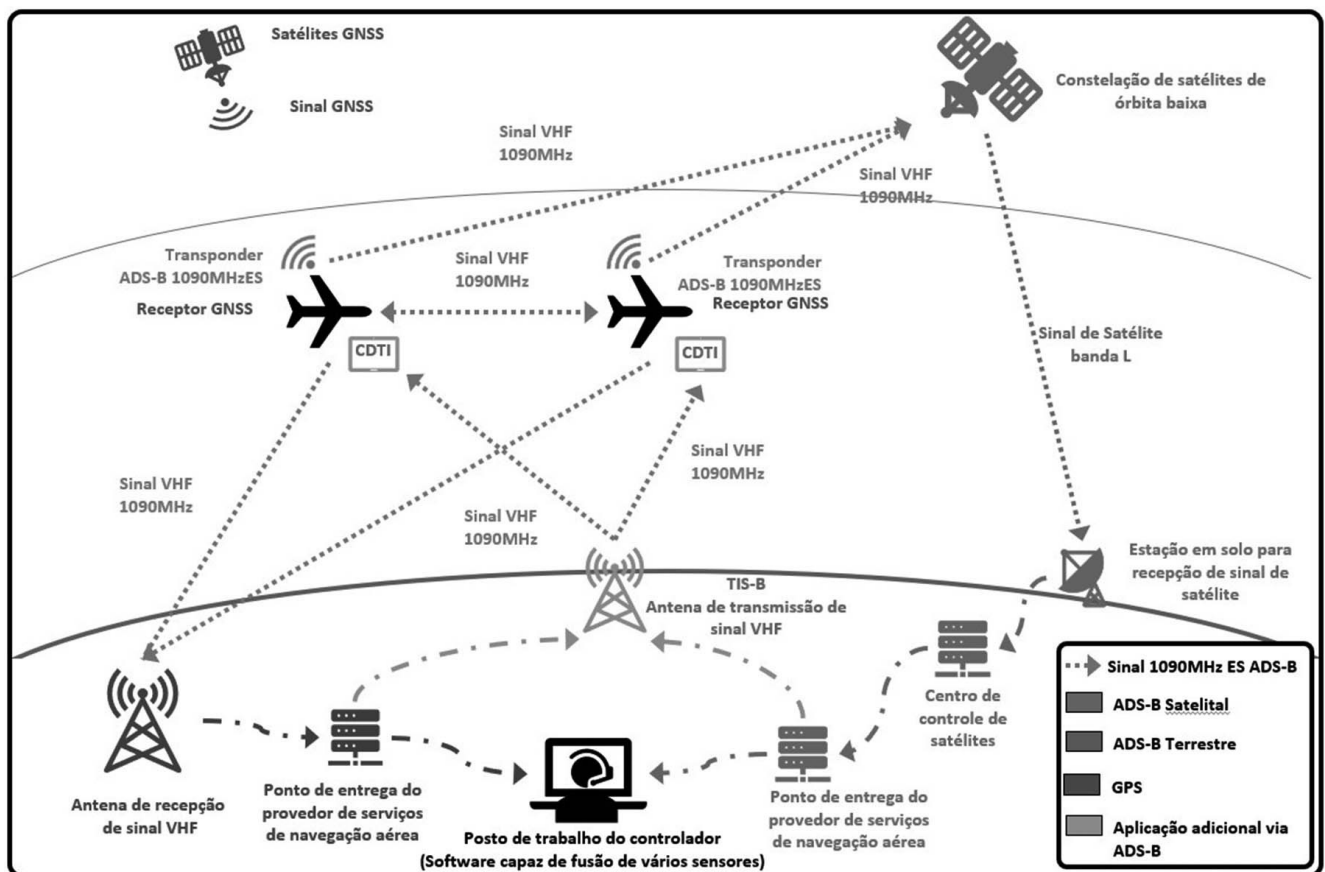
II. Tempo de atualização da transmissão

Duas vezes por segundo, geralmente referido como a taxa de atualização ADS-B, é a taxa de atualização para as informações de posição. (RTCA, 2000).

III. Aviônicos mínimos exigidos:

Sistema GNSS; Transponder 1090MHz ES; Quando em um sistema ADS-B baseado em satélite: transmissor de classe A1 e antena de aeronave de montagem superior. (AIREON, 2019b).

Figura 1 - Sistema ADS-B baseado em transponder 1090MHz ES.



Fonte: Adaptado de AIREON (2019a), RTCA (2002) e CANSO (2016).

IV. Infraestrutura mínima necessária:

Antena e receptor simples conectados a *links* de comunicação que entregam a informação ao *display* de situação que a mostra de maneira semelhante ao radar. (OACI, 2012).

O sistema baseado em satélite não requer infraestrutura de solo e as informações são entregues em um ponto de entrega especificado. (AIREON, 2019b).

V. Capacidades mínimas de vigilância

Separação de no mínimo cinco milhas náuticas (5 NM), sujeito ao cumprimento de certas condições.

Extensão da cobertura de vigilância para baixas altitudes. (OACI, 2012).

3.3 ADS-B na América Latina

Na estrutura multicamadas do Plano Global para a Navegação Aérea da OACI (GANP), Doc 9750 (OACI, 2019b), a terceira camada é o nível Regional. No escritório regional para a América Latina (SAM) a estratégia de implantação do ADS-B prevê abrangência de áreas em rota e terminais, envolvendo usuários e prestadores de serviço e estará concluída até 2023. (OACI, 2017a).

Os resultados alcançados em cada Estado contratante até 2019 estão resumidos na Figura 2.

Figura 2 - Situação da implementação de ADS-B na América Latina.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das informações disponíveis em OACI (2019a).

Complementarmente, foi realizado estudo sobre a possibilidade de se prover o ADS-B via satélite distribuindo-se o sinal por meio da rede digital de comunicações (REDDIG) existente na região e concluiu-se que seria possível de maneira econômica e eficiente (OACI, 2018).

Nesse estudo foi apresentada comparação de custos estimada para os diferentes sistemas de vigilância na região, o que pode ser observado na Tabela 1.

3.4 ADS-B no Brasil

Especificamente, no que se refere à implantação do ADS-B no Brasil, um resultado factual alcançado foi a implantação de um espaço aéreo totalmente operacional restrito apenas para aeronaves equipadas com ADS-B na TMA Macaé, Bacia de Campos. (OACI, 2019a).

Em 2017, o plano de implantação do ADS-B brasileiro previa a instalação para baixa altitude nas bacias oceânicas e a instalação de 62 estações terrestres, padrão RTCA DO 260, DO 260A e DO 260B, para cobertura do espaço aéreo continental abrangendo áreas homogêneas ATM e principais fluxos de tráfego aéreo. Além disso, previa-se que isso seria feito até 2021 e sem mandatos, dividido em 04 fases conforme pode ser visto na Figura 3. (OACI, 2017a).

No entanto, com o advento do ADS-B baseado no espaço, esse plano de implementação está sendo revisto e a nova estratégia ainda não foi publicada.

Um passo importante nessa direção foi a integração bem-sucedida dos dados ADS-B satelital no *software* utilizado pelo DECEA em suas rotinas de vigilância. (AIREON, 2019a).

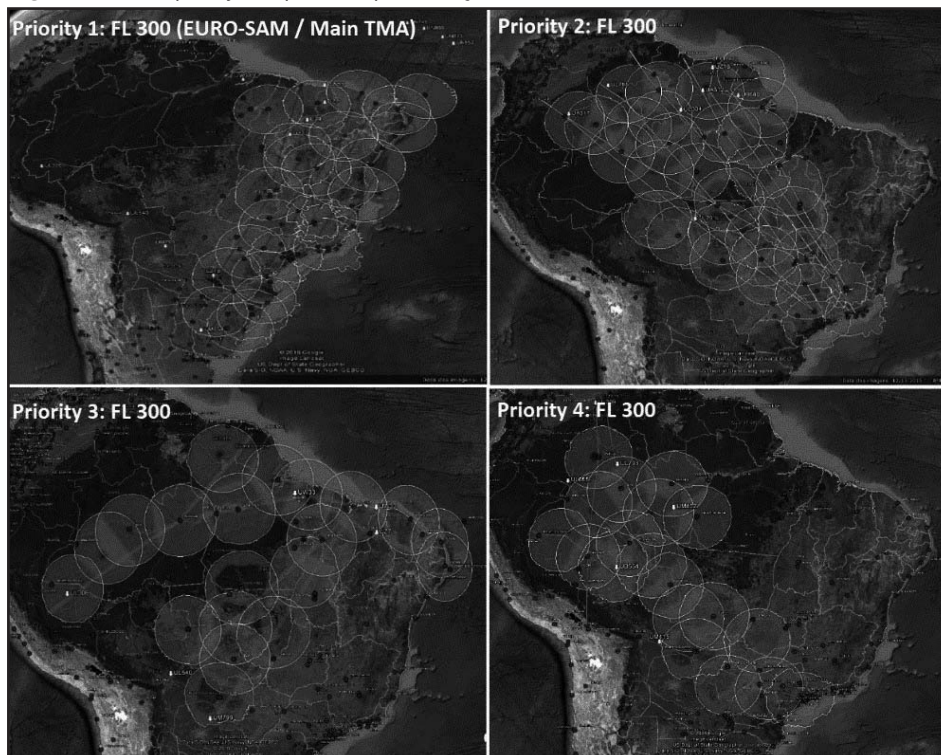
Tabela 1 - Comparação de custo anual do sistema.

	% de cobertura		Custo anual / cobertura		
	ADS-B Sat.	SSR	ADS-B Sat.	SSR	ADS-B Terr.*
FL 100	100	27,86	0,53	4,25	1,27
FL 150	100	35,01	0,53	3,38	1,01
FL 250	100	46,26	0,53	2,56	0,77

* Um número fictício de estações ADS-B terrestre foi adotado igual a locação das instalações de SSR atual.

Fonte: OACI (2018).

Figura 3 - Fases planejadas para a implementação do ADS-B.



Fonte: OACI (2017a).

Adicionalmente, a cooperação técnica Brasil e AIREON consiste em um plano de duas fases cujo objetivo é avaliar o desempenho do sistema no espaço aéreo brasileiro, analisando parâmetros como: precisão; latência; intervalo de tempo de atualização; erros de posicionamento; disponibilidade; continuidade; e a avaliação de diferentes configurações de antenas, entre outras. Embora esse plano esteja em suas etapas finais seus resultados ainda não estão disponíveis (FAGUNDES, 2020).

3.5 Regulação de ADS-B existente

O arcabouço institucional da aviação civil brasileira é composto por diversas instituições com funções específicas. Duas dessas instituições se complementam na definição da regulamentação da aviação civil, são elas o DECEA e a ANAC. Em relação à tecnologia ADS-B, por ser o DECEA a ANSP brasileira e também o regulador ATS, ele estabelece quase toda a regulamentação. No entanto, existe uma interface regulatória com a ANAC no que diz respeito a aeronavegabilidade e aos padrões de voo.

No âmbito do DECEA o ADS-B encontra-se mencionado nas normas:

- DCA 351-2 Concepção operacional ATM nacional (BRASIL, 2011);
- ICA 100 31 Requisitos dos serviços de tráfego aéreo (BRASIL, 2017c);
- ICA 100 37 Serviços de tráfego aéreo (BRASIL, 2019b);
- CIRCEA 121-7 Inspeção em voo para Vigilância Dependente Automática por Radiodifusão (ADS-B) (BRASIL, 2017a);
- MCA 64-3 Manual de coordenação de busca e salvamento aeronáutico (BRASIL, 2019a);
- MCA 100-11 Preenchimento dos formulários de plano de voo (BRASIL, 2017b);
- AIC 40-17 Vigilância Dependente Automática por Radiodifusão (ADS-B) na TMA Macaé (BRASIL, 2018b);
- AIC 47-18 Reestruturação de espaço aéreo da área de controle terminal (TMA) de Macaé com aplicação do sensor ADS-B, aumento da cobertura VHF, implementação do conceito de espaço aéreo exclusivo ADS-B e provimento de produtos meteorológicos a partir de EMS-A (BRASIL, 2018a).

No âmbito da ANAC, menção direta ao ADS-B aparece apenas no documento IS 21-013 B “Instruções para obtenção de aprovação de instalação de equipamentos

GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) stand alone para operações VFR e IFR” (BRASIL, 2016).

A estrutura básica para a regulação de padrões operacionais na ANAC é estabelecida pelo documento RBAC 091 – “Requisitos gerais de operação para aeronaves civis” (BRASIL, 2019c), o qual é alinhado às provisões contidas na norma norte americana “*Code of Federal Regulations – CFR, Title 14, Chapter I, Subchapter F, part 91*” que é chamada “*General Operating and Flight Rules*”, a qual é a norma onde os requisitos de obrigatoriedade do ADS-B foram definidos, em seus itens 91.225 e 91.227. (ESTADOS UNIDOS, 2020).

Mas, na norma brasileira, os itens correspondentes encontram-se marcados como “Reservado” e nenhum requisito foi definido. Por sua vez, no requisito 91.215 é estabelecida instrução que viabiliza o uso, mas não define padrão específico:

91.215 (b) Quando o tipo de operação e/ou o espaço aéreo requerer, a aeronave deve ser equipada com um transponder, com aprovação OTP (TSO), mantido conforme a seção 91.413 deste Regulamento.

4 ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

A análise da regulação existente resultou na identificação de lacunas ou temas não abordados pelo arcabouço normativo atual e que podem ser objeto de melhoria com vistas a subsidiar a implantação do ADS-B no espaço aéreo nacional:

- Novos tipos de espaço aéreo com vigilância: Hoje, existe apenas um tipo de vigilância ATS nos espaços aéreos continentais brasileiros que é baseada em radar.
- Padrão do transponder e restrição a outros tipos: A regulamentação não deixa claro qual é o modelo exigido no espaço aéreo ADS-B brasileiro e, também, como devem se comportar os demais tipos de aeronaves equipadas ao entrar no espaço aéreo ADS-B brasileiro.
- Capacidades esperadas e requisitos e limitações correspondentes: Não está claro quais são as aplicações ADS-B esperadas e os correspondentes requisitos e limitações de desempenho do sistema, incluindo os equipamentos aerotransportados.
- Frota equipada: Não há um esforço contínuo para atingir um nível mais alto de equipamentos ADS-B na frota e isso é um problema para várias aplicações.
- Objetivos específicos para a implementação ADS-B: Ganhos de segurança e capacidade estão associados à implantação de ADS-B próximo

a aeródromos ou helipontos e até mesmo ao monitoramento do movimento do solo.

- Contratos de concessão de aeroportos como oportunidade: Ao longo das subseqüentes rodadas de concessões realizadas pelo Governo Federal Brasileiro, os contratos evoluíram. Uma vez que os contratos buscam o aumento da segurança e da capacidade dos aeroportos, seria uma oportunidade de introduzir a obrigatoriedade de instalação de ADS-B no aeroporto.
- ADS-B Satelital ou ADS-B Terrestre: Espera-se que o ADS-B Satelital alcance um desempenho melhor do que o radar, embora pior do que o ADS-B Terrestre na maioria dos casos, se a infraestrutura apropriada for fornecida.

5 OPINIÃO DE ESPECIALISTAS

Por meio de entrevista não-estruturada do tipo focalizada (LAKATOS, MARCONI, 2003) com 7 especialistas, sendo 1 da INFRAERO, 2 de empresas privadas, 2 do DECEA e 2 da ANAC, que ocupam posições estratégicas no assunto e possuem experiência na implantação de tecnologias para o gerenciamento do espaço aéreo nacional, foram obtidos comentários para os temas do problema e esses foram organizados e consolidados no texto resumido, conforme segue:

- Novos tipos de espaço aéreo com vigilância: o sistema deve identificar automaticamente o melhor sinal em cada fase do voo e fornecer a informação de forma homogênea, ao controlador e à tripulação, transparente para o controlador em termos de sensores, com novas funcionalidades e benefícios. A equipe técnica do DECEA precisará de capacitação e novas regras do DECEA e da ANAC serão necessárias.
- Padrão do transponder e restrição a outros tipos: O ES 1090MHz (0, 1 ou 2) utilizado na Baía de Campos pode ser o padrão, uma vez que o DECEA já está utilizando e é um padrão internacional. Mais sistemas agregam complexidade à implementação. Não há limite planejado para os parâmetros de qualidade do sinal.
- Capacidades esperadas e requisitos e limitações correspondentes: A implementação deve buscar eficiência de custos. Onde a cobertura do radar já é fornecida, uma condição seria a desativação do radar após a implementação. Os radares primários são uma preocupação de soberania e não devem ser desativados. Será uma vigilância de melhor precisão com

melhores taxas de tempo de atualização. Fornece serviço de vigilância para o usuário, incluindo baixa altitude em espaços aéreos oceânicos. Não há planos para TIS-B, FIS-B, ADS-R ou ferramentas de monitoramento.

- Frota equipada: As companhias aéreas serão equipadas, uma vez que novas aeronaves já são equipadas e há mandatos internacionais. Os operadores de carga podem ser um problema devido à sua frota envelhecida e a aviação geral pode ser um desafio ainda maior. Equipar a aeronave será facultativo, quem estiver melhor equipado utilizará o serviço. Atualmente não há informações sobre o percentual da frota que está equipada. Espera-se que os usuários reconheçam o sistema e isso defina seu futuro. Não há mandatos planejados, embora provavelmente seja necessário.
- Objetivos específicos para a implementação ADS-B: A vigilância estendida a cobertura para baixas altitudes nas bacias oceânicas, onde o movimento *off-shore* é intenso, é um objetivo específico a ser realizado. Para a superfície do aeroporto seria outra opção a utilização do sinal ADS-B. O DECEA é orientado pelas necessidades operacionais e estas moldarão o sistema.
- Contratos de concessão de aeroportos como oportunidade: Normalmente, a infraestrutura de gestão do tráfego aéreo não faz parte de um contrato de concessão e, para casos específicos, provavelmente seria benéfico incluir o DECEA nos processos de consulta inicial. São possíveis utilizações aeroportuárias, como SMGCS, mas cabe ao gestor do aeroporto decidir se a implementa. O DECEA define a ICA 63-18 como referência.
- ADS-B Satelital ou ADS-B Terrestre: Uma combinação é considerada a solução ideal. Existem situações específicas onde se pode beneficiar de cada tipo. As condições que definirão a extensão do uso de um ou de outro dependem do resultado dos testes que ainda estão em andamento. Viabilidade de instalação, qualidade do sinal, redundância e segurança justificam a utilização de ambos os sistemas. O atual plano de implementação do ADS-B considera o ADS-B Terrestre com sensores estrategicamente posicionados para fornecer serviços de vigilância acima do FL245, os volumes do espaço aéreo da TMA e até a água sobre as bacias oceânicas de Santos / Espírito Santo / Campos (já implementados). Os testes

ADS-B baseados em satélite estão em curso, em ambiente controlado, onde é possível integrar os dados baseados no espaço e os dados do radar e comparar os resultados. Sabe-se que o parâmetro de latência ficou pior do que o esperado, mas isso aconteceu devido a rede utilizada.

6 ESTUDOS DE CASOS DE REGULAÇÃO INTERNACIONAL

Três Estados foram selecionados como uma amostra da regulamentação internacional sobre ADS-B e seus principais aspectos estão resumidos na Tabela 2 e na Figura 4.

Um caso de referência quanto às possibilidades do sistema, os Estados Unidos da América (EUA), realizaram uma implantação robusta, com 650 antenas, cobertura total

do espaço aéreo, 02 tipos de transponder em uso, serviços adicionais como TIS-B, FIS-B e ADS-R e um mandato que está em vigor desde janeiro de 2020 abrangendo todos os usuários, incluindo a Aviação Geral. Estados Unidos (2020) e Estados Unidos (2015, 2018, 2019).

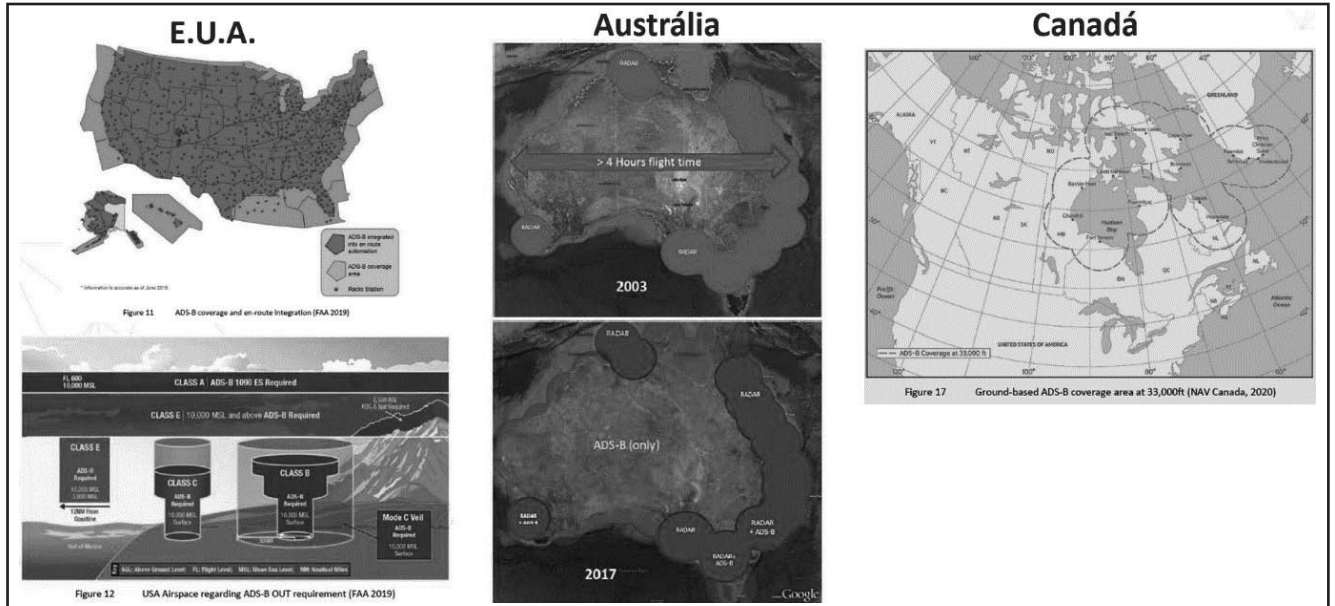
Destacando-se pela otimização dos sistemas de comunicação, navegação e vigilância alcançada com o uso do ADS-B, a Austrália também usa ADS-B em todo o seu espaço aéreo como sistema de vigilância primário desde 2009. Uma implementação otimizada com cerca de 70 antenas, cobertura total do espaço aéreo e 01 tipo de transponder em uso. Possibilitou desativar 179 auxílios à navegação. A Austrália também definiu questões regionais específicas no OACI DOC 7030 em relação ao ADS-B e tem mandatos para a aviação comercial, mas não para a Aviação Geral. Austrália (2015, 2020a, 2020b); OACI (2017b).

Tabela 2 - Estudos de casos de regulação internacional - quadro resumo.

Aspecto	E.U.A.	Austrália	Canadá
Uso de ADS-B	Sistema de vigilância primário	Sistema de vigilância primário	Sistema de vigilância primário (onde disponível)
Cobertura	Todo o país	Todo o país	Espaço aéreo norte * (*plano para todo o país)
Infraestrutura (estações terrestres)	650	70	15
Serviços ADS-B adicionais	TIS-B; FIS-B; ADS-R; Sistema de monitoramento	Nenhum	Nenhum
Aplicações avançadas de ADS-B	CAVS; ITP; IM	Nenhum	Nenhum
Tipo de Transponder	1090 MHz ES 2 UAT 978MHz	1090 MHz ES 0,1 or 2	1090 MHz ES
Principais regulações	14 CFR § 91.225; 14 CFR § 91.227; AC 90 114 B; AC 20 165 B; SRT 47 Rev.4; TSO C166b; TSO C154c	CAO 20.18; AC 21-45; AC 91-23;	AC 700 009 e;
Mandato para equipar a frota	Sim	Sim	Não
Mandato inclui aviação geral	Sim	Não	-
Mandato inclui estrangeiros	Sim	Sim	-

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações dos documentos Estados Unidos (2015, 2018, 2020), Austrália (2015, 2020a, 2020b), NAVCanada (2020) e OACI (2017b).

Figura 4 - Representações do espaço aéreo de E.U.A., Austrália e Canadá quanto ao ADS-B.



Fonte: Elaborado pelo autor adaptado de OACI (2017b).

Por fim, pelo porte de seu espaço aéreo e uso pioneiro da solução satelital a qual é uma possibilidade para o Brasil e também com um vasto espaço aéreo, o Canadá, utiliza o ADS-B desde 2010 no espaço aéreo nordeste, com um tipo de transponder e não tem mandato definido. É pioneiro no uso de ADS-B satelital, o qual está em teste para todo o país. NAVCanada (2020), Canadá (2011, 2018) e OACI (2017b).

7 ESTUDO DE CASO TMA ME

Trata-se do primeiro caso de implantação do sistema ADS-B no espaço aéreo brasileiro. Foi um projeto realizado de 2009 a 2018.

Alcançou resultados importantes e benéficos correspondentes:

- Separação IFR x IFR para aeronaves sob vigilância: 5NM (AIC 40/17);
- Atrasos reduzidos em 43% / Aumento na pontualidade dos voos em 16%;
- Busca e resgate mais eficazes (SAR);
- Redução do tempo de voo com economia de combustível estimada em até R\$ 1,31 milhão por ano; e
- 122 helicópteros equipados (CANSO, 2019).

O cenário inicial e após a implementação podem ser observados na Figura 5.

Figura 5 - Principais aspectos do cenário do caso de implantação do ADS-B na TMA ME.

TMA ME		
Aspecto	Antes	Após
Infraestrutura	APP-Macaé: Radar PSR / SSR; 03 radios <i>offshore</i>	APP-Macaé: Radar PSR / SSR radar; 06 antenas ADS-B: 02 terra/ 04 <i>offshore</i> .
Cobertura	Setor 1: Radar; Setor 2: Vigilância convencional; De 2,000' até FL145.	Setor 1 e 2: Fusão ADS-B + Radar; Sector 3 a 8: ADS-B (<i>sep.</i> 5NM); Desde o solo até FL 145.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados extraídos de BRASIL (2018a, 2018b), OACI (2018a) e INFRAERO (2019a, 2019b).

8 PROPOSTAS PARA MELHORIA DA REGULÇÃO

Consolidando as informações obtidas na revisão, nas entrevistas, nos estudos de casos de regulação internacional, no estudo de caso da Terminal ME e

considerando as condições de implantação no Brasil, com vistas a endereçar os temas do problema da melhoria da regulação para subsidiar a implantação do ADS-B no espaço aéreo nacional, foram propostas as hipóteses identificadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Propostas de melhoria regulatória para o ADS-B.

Descrição	Motivação	Principais benefícios esperados
Problema: Novos tipos de espaço aéreo com vigilância		
Proposta: ADS-B obrigatório acima de FL290 e em espaço aéreo oceânico		
Estabelecer obrigatoriedade de que a aeronave esteja equipada quando acima de FL290 e em espaço aéreo oceânico.	<ul style="list-style-type: none"> Definir regra clara para exigir o equipamento ADS-B visando a segurança operacional; Reduzir o esforço para a implementação: aeronaves melhor equipadas circulam no espaço aéreo RVSM (acima de FL290); Tráfego <i>off-shore</i> tem capacidade de promover a instalação de ADS-B nas aeronaves; Prover condições para novas funcionalidades e benefícios inerentes ao sistema ADS-B. 	<ul style="list-style-type: none"> Minimizar interferências de aeronaves não equipadas em espaços aéreos onde os serviços ADS-B forem providos; Prover serviços ADS-B em uma porção do espaço aéreo brasileiro, com 100% das aeronaves usuárias equipadas;
Proposta: Documento específico sobre ADS-B		
Elaborar documento específico contendo todos os aspectos de padrão de voo e aeronavegabilidade relativas ao ADS-B previstos para o uso no espaço aéreo nacional.	<ul style="list-style-type: none"> Promover a conformidade do sistema; Facilitar a capacitação dos usuários e controladores. 	<ul style="list-style-type: none"> Melhoria da segurança operacional por meio do conhecimento.
Problema: Padrão do transponder e restrição a outros tipos		
Proposta: Padrão para o transponder ADS-B e zero sinais ruins		
Definir o 1090MHz ES 0,1 ou 2 como padrão brasileiro e exigir que outros padrões não transmitam.	<ul style="list-style-type: none"> Minimizar ocorrências de aeronave com equipamento não-conforme; Otimizar a complexidade do sistema; Prover um vetor de negócios para a indústria responsável por equipar as aeronaves; Banir sinais impróprios para o ADS-B nacional. 	<ul style="list-style-type: none"> Alinhamento com padrão internacionalmente reconhecido; Ganho na disponibilidade de equipamento ADS-B na frota.
Proposta: Qualidade mínima do sinal transmitido		
Definir limites para os parâmetros de qualidade que fazem parte do sinal transmitido: NUC, NIC, NAC, SIL.	Garantir as condições mínimas esperadas do sistema para as funções de vigilância pretendidas.	Melhoria da segurança e condições básicas para as aplicações do ADS-B.
Proposta: Transponder conforme e operacional é obrigado a transmitir		
Estabelecer obrigatoriedade de que aeronaves devidamente equipadas transmitam o sinal ADS-B durante todo o voo.	<ul style="list-style-type: none"> Maximizar a qualidade do sinal disponível nos espaços aéreos ADS-B; Estabelecer condição para ações de repressão a condutas inseguras quando em espaço aéreo ADS-B. 	Reduzir riscos de aeronaves em voo não serem detectadas, contribuindo com a melhoria da segurança operacional.

Fonte: O autor.

Tabela 3 - Propostas de melhoria regulatória para o ADS-B (continuação).

Proposta: Procedimento para transponder não conforme, não operacional e exceções		
Estabelecer procedimentos para tratar os casos específicos relativos a voos sem a transmissão ADS-B apropriada.	<ul style="list-style-type: none"> Garantir condições de voo para aeronaves que não estejam devidamente equipadas; Garantir condições de voo para aeronaves que por motivos considerados válidos, não possam transmitir o sinal. 	<ul style="list-style-type: none"> Solucionar as exceções e permitir os voos com segurança.
Problema: Capacidades esperadas e requisitos e limitações correspondentes		
Proposta: Autorização requerida para aplicações avançadas de ADS-B IN		
Estabelecer obrigatoriedade de obtenção de autorização prévia para a utilização de aplicações avançadas de ADS-B IN.	<ul style="list-style-type: none"> Certificar-se de que manobras avançadas de ADS-B IN sejam realizadas com os devidos equipamentos e tripulação capacitada. 	<ul style="list-style-type: none"> Prover condições para a realização segura das manobras avançadas de ADS-B IN no espaço aéreo brasileiro.
Proposta: Declaração de que não há serviços de ADS-B complementares		
Documentar disposição específica para informar aos usuários do espaço aéreo que não há serviços como TIS-B; FIS-B; ADS-R.	<ul style="list-style-type: none"> Evitar confusões com capacidades disponíveis em outros países. 	<ul style="list-style-type: none"> Melhoria da segurança.
Problema: Frota equipada		
Proposta: Monitoramento da disponibilidade de ADS-B na frota de aeronaves		
Implementar rotina para monitorar a instalação de transponder ADS-B 1090MHz ES nas aeronaves usuárias do espaço aéreo nacional.	<ul style="list-style-type: none"> Prover informação para o planejamento da implantação do ADS-B e implementação de políticas relativas a seu uso; Buscar alcance das condições necessárias para implementar aplicações ADS-B que requeiram 100% das aeronaves equipadas e transmitindo. 	<ul style="list-style-type: none"> Ativo informacional para toda a indústria.
Problema: Objetivos específicos para a implementação de ADS-B		
Proposta: Desativação de infraestrutura como parte do plano		
No planejamento de implantação, considerar a possibilidade de otimizar os recursos por meio da desativação de estações de radar e outros auxílios onde possível.	<ul style="list-style-type: none"> Minimizar a emissão de sinais de rádio na frequência 1090MHz e assegurar capacidade para os sistemas; Reduzir o custo operacional dos sistemas de comunicação, navegação e vigilância do espaço aéreo como um todo; Aumentar a eficiência dos serviços de comunicação, navegação e vigilância. 	<ul style="list-style-type: none"> Otimização dos sistemas de comunicação, navegação e vigilância.

Tabela 3 - Propostas de melhoria regulatória para o ADS-B (continuação).

Proposta: Banco de dados e ferramentas de monitoramento		
Na configuração do sistema, considerar a implementação de recursos para a coleta e armazenamento de forma estruturada dos dados provenientes do ADS-B.	<ul style="list-style-type: none"> Promover o conhecimento e aprendizado a partir dos dados operacionais. 	<ul style="list-style-type: none"> Propiciar dados para a análise e melhoria da aviação nacional.
Problema: Contratos de concessão de aeroportos como oportunidade		
Proposta: ADS-B em contratos de concessão de aeroportos		
Na implantação do sistema, considerar a possibilidade de que a instalação, comissionamento e manutenção de ADS-B próximo aos grandes aeroportos seja atribuído à iniciativa privada por meio do contrato de concessão de aeroporto.	<ul style="list-style-type: none"> Atribuir custos ao ente beneficiado pelos resultados do sistema, já que prover o ADS-B terrestre trará benefícios operacionais para o aeroporto; Reduzir o esforço para a implantação do sistema, por meio de investimentos privados, os quais mitigam problemas inerentes a obtenção de recursos públicos; Ampliar os recursos empregados nos contratos de concessão para buscar melhoria de segurança operacional e aumento da capacidade aeroportuária. 	<ul style="list-style-type: none"> Instalação mais rápida de ADS-B terrestre; Benefícios para a vigilância na superfície do aeroporto devido a capacidade de recepção de sinal ADS-B.
Problema: ADS-B Satelital ou ADS-B Terrestre		
Proposta: Combinação de ADS-B terrestre e ADS-B satelital		
Na configuração do sistema, considerar a implantação de ADS-B Satelital em todo o espaço aéreo oceânico e no continente acima de FL 290 e o terrestre em 52 aeroportos (aeroportos com mais de 200.000 pax/ano).	<ul style="list-style-type: none"> Reduzir o esforço para implementação, já que o ADS-B satelital não requer infraestrutura e a infraestrutura terrestre poderia utilizar-se de localidades próximas a grandes aeroportos; Garantir alta qualidade do sinal recebido nos locais mais movimentados. 	<ul style="list-style-type: none"> Custos operacionais menores; Melhor cobertura; Novas capacidades; Informação integrada.

Fonte: O autor.

Figura 6 - Perfil do espaço aéreo brasileiro com relação ao ADS-B.

Configuração do espaço aéreo brasileiro quanto ao ADS-B			
ESPAÇO AÉREO SUPERIOR RVSM AIRSPACE	<p>Sistemas disponíveis: ADS-B por satélite (Eventualmente) ADS-B terrestre</p> <p>Serviços disponíveis: ADS-B IN capacidades avançadas (se autorizado) ADS-B IN consciência situacional (se equipado) Vigilância ATS - Separação long. 5NM</p> <p>Requisitos de equipamento para as Aeronaves: 1090MHz ES ADS-B OUT (0, 1 or 2) Antenas com diversidade --> Obrigatório <--</p>		
	FL 290	<p>Sistemas disponíveis: Nenhum.</p> <p>Serviços disponíveis: ADS-B IN consciência situacional (se equipado)</p> <p>Requisitos de equipamento para as Aeronaves: 1090MHz ES ADS-B OUT (0, 1 or 2) --> Opcional <--</p> <p>ESPAÇO AÉREO REMOTO</p>	<p>Sistemas disponíveis: ADS-B terrestre</p> <p>Serviços disponíveis: Vigil. ATS - Separação long. 5NM (se equipado) ADS-B IN consciência situacional (se equipado) Consc. Situacional no Aeroporto (se equipado)</p> <p>Requisitos de equipamentos para as Aeronaves: 1090MHz ES ADS-B OUT (0, 1 or 2) --> Opcional <--</p> <p>TMA e AEROPORTOS</p>
ESPAÇO AÉREO INFERIOR	FL 245	<p>Sistemas disponíveis: ADS-B por satélite (Eventualmente) ADS-B terrestre</p> <p>Serviços disponíveis: ADS-B IN capacidades avançadas (se autorizado) ADS-B IN consciência situacional (se equipado) Vigilância ATS - Separação long. 5NM</p> <p>Requisitos de equipamento para as Aeronaves: 1090MHz ES ADS-B OUT (0, 1 or 2) Antenas com diversidade --> Obrigatório <--</p> <p>ESPAÇO AÉREO OCEANICO</p>	
			Oceano Atlântico

Fonte: O autor.

9 CONCLUSÕES

ADS-B é uma tecnologia que oferece cobertura de vigilância estendida, separação tipo radar, melhor tempo de atualização do que radar, possibilidades de aplicações aprimoradas, e é uma base para usos futuros que estão sendo desenvolvidos, tudo isso com um custo substancialmente menor.

Considerando que a implementação está em andamento e será concluída em breve, é necessário aprimorar a regulamentação, englobando, de certa forma, todos os aspectos relacionados à aviação civil para garantir o uso seguro e eficiente da tecnologia no espaço aéreo brasileiro.

Neste estudo, aspectos importantes foram identificados como melhorias regulatórias e, em uma etapa subsequente, espera-se que sejam bons subsídios para as discussões nos fóruns apropriados.

10 SIGLAS

ADS-B - Vigilância Dependente Automática por Radiodifusão;
 ADS-R - *Automatic Dependent Surveillance-Rebroadcast*;
 ATM - *Air Traffic Management*;
 FIS-B - *Flight Information Service - Broadcast*;
 FL - *Flight Level*;
 GNSS - *Global Navigation Satellite System*;
 NAC - *Navigation Accuracy Category*;
 NIC - *Navigation Integrity Category*;
 NUC - *Navigation Uncertainty Category*;
 PSR - *Primary Surveillance Radar*;
 RVSM - *Reduced Vertical Separation Minima*;
 SIL - *Source Integrity Level*;
 SMGCS - *Surface Movement Guidance and Control System*;
 SSR - *Secondary Surveillance Radar*;
 TIS-B - *Traffic Information Service - Broadcast*.

REFERÊNCIAS

- AIREON. **AIREON data successfully integrated with ATECH Sagitario system**. AIREON website, 2019a. Disponível em: <https://aireon.com/2019/10/21/aireon-data-successfully-integrated-atech-sagitario-system/>. Acesso em 22 jul. 2020.
- AIREON. **The Executive Reference Guide to Space-Based ADS-B**. AIREON website, 2019b. Disponível em: <https://www.aireon.com>. Acesso em 27 dez. 2019.
- AIREON. **Timeline**. AIREON website, 2020. Disponível em: <https://aireon.com/timeline/>. Acesso em 22 jul. 2020.
- AUSTRÁLIA. Civil Aviation Agency Authority. **AC 21.45 Airworthiness approval of airborne automatic dependent surveillance broadcast equipment**. Canberra, ATC, Australia. 2015.
- AUSTRÁLIA. Civil Aviation Agency Authority. **AC 91.23 ADS-B for enhancing situational awareness**. Canberra, ATC, Australia. 2020a.
- AUSTRÁLIA. Civil Aviation Agency Authority. **CAO 20.18 Aircraft equipment - basic operational requirements**. Canberra, ACT, Australia. 2020b.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Concepção operacional ATM nacional (DCA 351-2)**. Brasília, DF, Brasil. 2011.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Inspeção em voo para Vigilância Dependente Automática por Radiodifusão (ADS-B) (CIRCEA 121-7)**. Brasília, DF, Brasil. 2017a.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Manual de Coordenação de Busca e Salvamento Aeronáutico (MCA 64-3)**. Brasília, DF, Brasil. 2019.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Preenchimento dos formulários de plano de voo (MCA 100-11)**. Brasília, DF, Brasil. 2017c.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Reestruturação de espaço aéreo da área de controle terminal (TMA) de Macaé com aplicação do sensor ADS-B, aumento da cobertura VHF, implementação do conceito de espaço aéreo exclusivo ADS-B e prov. de prod. met. a partir de EMS-A (AIC 47/18)**. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: 2018a.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Requisitos dos serviços de tráfego aéreo (ICA 100-31)**. Brasília, DF, Brasil. 2017b.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Serviços de Tráfego Aéreo (ICA 100-37)**. Brasília, DF, Brasil. 2019.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Vigilância Dependente Automática por Radiodifusão (ADS-B) na TMA Macaé (AIC 40-17)**. Brasília, DF, Brasil. 2018b.
- BRASIL. Ministério da infraestrutura. Agência Nacional de Aviação Civil. **Brazilian Civil Aviation Sector**. Sítio da ANAC. 2021. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/en/about-anac/brazilian-civil-aviation-sector>. Acesso em 28 abr. 2020.
- BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Agência Nacional de Aviação Civil. **Instruções para obtenção de aprovação de instalação de GNSS (IS 21-013)**. Ed. B. Brasília, DF, Brasil. 2016.
- BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Agência Nacional de Aviação Civil. **Requisitos gerais de operação para aeronaves civis. (RBAC 91)**. ed. EMD 01. Brasília, DF, Brasil. 2019.
- CANADÁ. Transport Canada. **Automatic Dependent Surveillance – Broadcast**. 02 ed. Ottawa, ON, Canada. 2011.
- CANADÁ. Transport Canada. **TP 6010 Canada's Airspace**. 3 ed. Ottawa, ON, Canada. 2018.
- CANSO. **ANSP Guidelines for Implementing ATS Surveillance Services Using Space-Based ADS-B**. Vol. 1. Montréal, Quebec, Canada: 2016. Disponível em: <https://www.canso.org/>. Acesso em 16 jan. 2020.
- CANSO. **SIRIUS written in the stars**. Airspace 1(47), p. 32. 2019. Disponível em: <https://www.canso.org/airspace-47-q4-2019>. Acesso em 16 jan. 2020.
- ESTADOS UNIDOS. U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **AC 20 165 B - Airworthiness Approval of Automatic Dependent Surveillance - Broadcast OUT Systems**. Washington, DC, USA. 2015.
- ESTADOS UNIDOS. U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **AC 90 114 B - Automatic Surveillance-Broadcast Operations**. Ed. B. Washington, DC, USA. 2019.

ESTADOS UNIDOS. U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **SRT 047 - Surveillance and Broadcast Services Description Document**. ed. 04. Washington, DC, USA. 2018.

ESTADOS UNIDOS. U.S. Government Publishing Office. National Archives and Records Administration. Office of the Federal Register. **CFR Title 14 Chapter I Subchapter F Part 91 - General Operating and Flight Rules**. eCFR, USA, Editor. 2020. Disponível em: <https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?node=14:2.0.1.3.10>. Acesso em 06 ago. 2020.

FAGUNDES, Marcelo Mello. **DECEA ADS-B Satelital**. Sítio do DECEA. 2020. Disponível em DECEA: <https://www.decea.mil.br/>. Acesso em 11 fev. 2021.

INFRAERO. **Manual do controle de aproximação de Macaé**. Macaé, RJ, Brasil. 2019a.

INFRAERO. **Modelo operacional do controle de aproximação Macaé - APP ME**. Macaé, RJ, Brasil. 2019b.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. Ed. São Paulo: Atlas 2003.

NAV CANADA. NAV Canada Web Site. 2020. Disponível em <https://www.navcanada.ca/EN/products-and-services/Pages/Space-based-ADS-B.aspx>. Acesso em 12 de 08 de 2020,

OACI. **23 Meeting of the SAM Implementation Group** - Final report. Program follow up. ICAO, SAM office, Lima. 2019a.

OACI. **Annex 10 – Aeronautical Telecommunications**. Vol. IV - Surveillance and Collision Avoidance Systems. 5. Ed. Montréal, Quebec, Canada: 2014.

OACI. **Annex 11 - Air Traffic Services**. 14. Ed. Montréal, Quebec, Canada: OACI 2016.

OACI. **Assessment of ADS-B and Multilateration Surveillance to Support Air Traffic Services and Guidelines for Implementation (Cir 326)**. Montréal, Quebec, Canada: OACI 2012.

OACI. **Global Air Navigation Plan – GANP**. Doc 9750. GANP Portal. 2019b. Disponível em: <https://www4.icao.int/ganportal/>. Acesso em 16 jul. 2020.

OACI. **SAM meetings documents**. ICAO web site. 2017a. Disponível em: <https://www.icao.int/SAM/Documents/Forms/AllItems.aspx>. Acesso em 16 jul. 2020.

OACI. **Status of ADS-B implementation in Brasil (WP/08 Rev.2)**. Working paper, ICAO, SAMIG. Mexico city. 2018a.

OACI. **Study of the feasibility and convenience of using the satellite-based ADS-B service in the SAM region**. (WP/17 26/10/18). Lima. 2018.

OACI. **ICAO SAM regional group site**. GREPECAS SAM. 2017b. Disponível em <https://www.icao.int/SAM/Documents/Forms/AllItems.aspx>. Acesso em 20 jul. 2020.

RTCA. **Minimum Aviation System Performance Standards for Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) (DO-242)**. Washington, DC, USA: RTCA Inc. 1998.

RTCA. **Minimum Aviation System Performance Standards for Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) (DO 242 A)**. Washington, DC, USA: RTCA Inc. 2002.

RTCA. **Minimum Operational Performance Standards (MOPS) for 1090MHz Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B) (DO 260)**. Washington, DC, USA: RTCA Inc. 2000.

SPITZER, Cary R.; FERRELL, Uma; FERREL, Thomas. **Digital Avionics Handbook**. 3. Ed. Boca Raton, FL, United States: CRC Press. 2014.