

Uma perspectiva para o futuro do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro

Uma perspectiva para o futuro do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro



SUMÁRIO EXECUTIVO

O presente documento é uma iniciativa do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) com o objetivo de aprofundar a divulgação da Concepção Operacional para o Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM) Nacional (CONOPS ATM Brasil), apresentada no Capítulo IV da **DCA 351-7** (“Diretriz do Comando da Aeronáutica para o Controle do Espaço Aéreo Brasileiro”).

A DCA 351-7 é o documento que estabelece, para o horizonte de 2040, os fundamentos, o direcionamento e as metas do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), que possibilitarão que o Comando da Aeronáutica (COMAER) continue assegurando a soberania, a segurança, a eficiência e a sustentabilidade ambiental das operações no espaço aéreo sob responsabilidade do Brasil.

A CONOPS ATM Brasil foi elaborada atendendo às diretrizes emanadas pelo COMAER, considerando as necessidades e as realidades nacionais e, de forma soberana, as orientações emitidas pela Organização de Aviação Civil Internacional (OACI), especialmente as contidas no Doc 9750 “Plano Global de Navegação Aérea (GANP)”.

Este trabalho apresenta, de forma ilustrada, o cenário completo do ATM brasileiro em 2040, considerando as infraestruturas de Comunicações, de Navegação, de Vigilância, de produção e compartilhamento de informações, incluindo as implicações para a área de Cibersegurança, e as ações de alocação e manutenção da proficiência dos Recursos Humanos que serão analisadas, desenvolvidas e implementadas pelo Programa Estratégico do DECEA (Programa SIRIUS).



DCA 351-7



ÍNDICE

SUMÁRIO EXECUTIVO	1
ATM DO FUTURO	4
VISÃO GERAL DA CONCEPÇÃO OPERACIONAL	6
ARQUITETURA FUNCIONAL EM EVOLUÇÃO	8
1. GERENCIAMENTO DE TRÁFEGO AÉREO	10
2. COMUNICAÇÕES	14
3. NAVEGAÇÃO	16
4. VIGILÂNCIA	20
5. SERVIÇOS DE INFORMAÇÃO	22
6. RECURSOS HUMANOS E CAPACITAÇÃO	30
7. SUSTENTABILIDADE E MEIO AMBIENTE	32
8. RESILIÊNCIA OPERACIONAL	34
FASES DO VOO - EVOLUÇÃO	36
SIGLAS	38

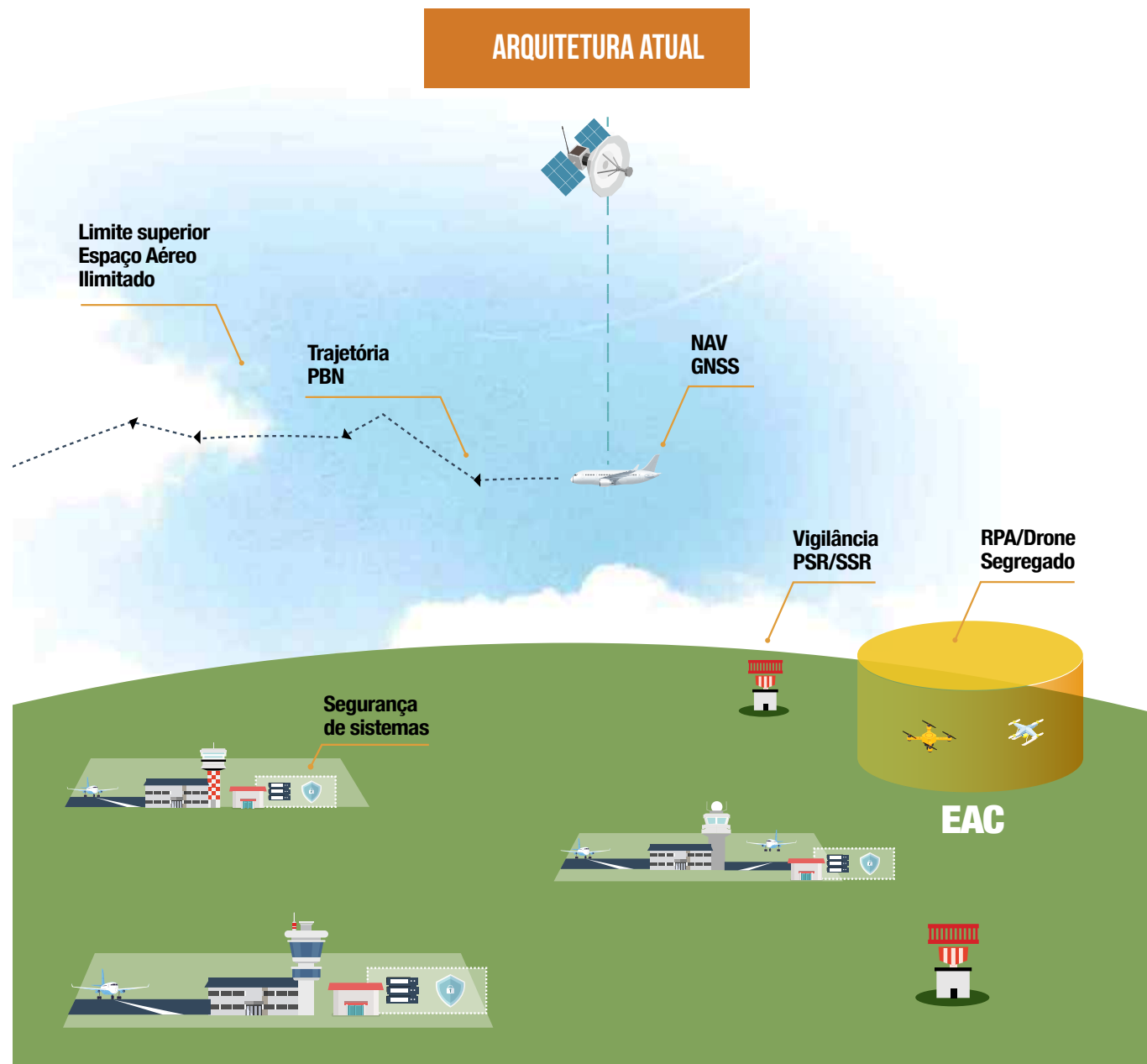
ATM DO FUTURO

Tendências e Visão 2040

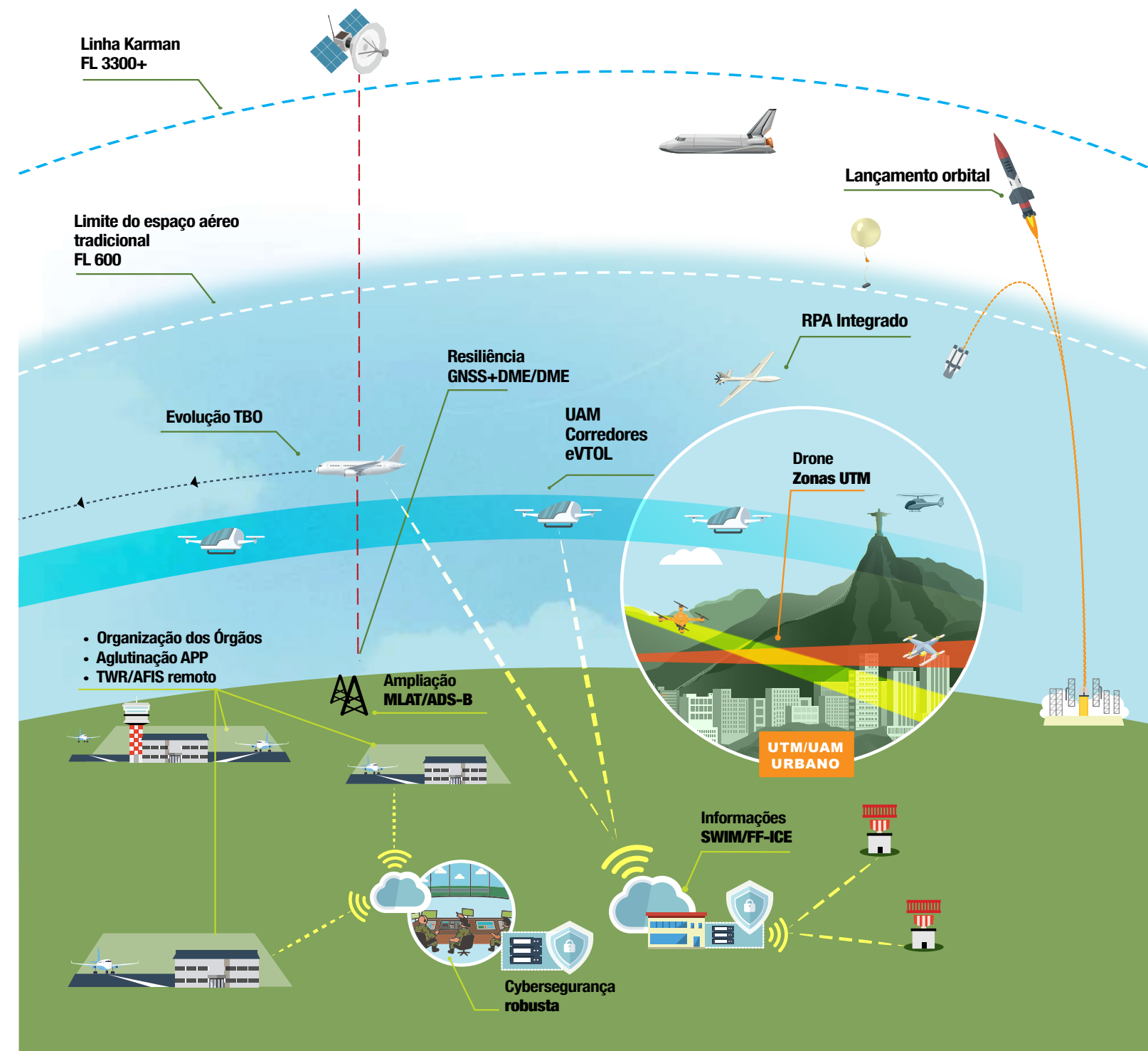
O horizonte de 2040 projeta um SISCEAB mais digital, autônomo e integrado globalmente. As tendências incluem:

- Integração de operações de Mobilidade Aérea Urbana (UAM) e de Tráfegos Aéreos não Tripulados (UTM) com o ATM tradicional;
- Operações em Grandes Altitudes (HAO) com vetores estratosféricos e orbitais;
- Interoperabilidade plena por meio do Gerenciamento Total da Informação do Sistema (SWIM); e
- Automação avançada em apoio à tomada de decisão, garantindo maior capacidade e segurança.

ARQUITETURA ATUAL



ARQUITETURA FUTURA



VISÃO GERAL DA CONCEPÇÃO OPERACIONAL

1

Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM)

Modernização contínua dos processos, integração com Gerenciamento de Tráfegos não Tripulados (UTM) e com a Mobilidade Aérea Avançada (UAM), adoção do conceito Operações Baseadas na Trajetória (TBO) e controle em quatro dimensões.

2

Comunicações (COM)

Transição da infraestrutura legada para redes digitais como a Rede de Telecomunicações Aeronáuticas - Brasil (ATN-Br) e o Sistema de Comunicações Digitais Aeronáuticas em Banda L (LDACS), com foco em desempenho e escalabilidade.

3

Navegação (NAV)

Racionalização dos auxílios, expansão da Navegação Baseada em Performance (PBN), apoio às operações em ambientes degradados (*fallbacks*).

4

Vigilância (VIG)

Uso combinado de radares, Vigilância Dependente Automática-Radiodifusão (ADS-B), Multilateração (MLAT) e sensores distribuídos, com redundância e integração civil-militar.

5

Serviços de Informação

Gestão digital e integrada das informações aeronáuticas, meteorológicas e de fluxo, por meio do Gerenciamento Total da Informação do Sistema (SWIM) e da cartografia em três dimensões interoperável, assegurando qualidade, padronização e suporte à decisão no ambiente ATM.

6

Fatores e Recursos Humanos

Formação técnica de excelência, capacitação contínua e apoio à qualidade de vida em ambientes operacionais desafiadores.

7

Sustentabilidade e Meio Ambiente

Minimização dos efeitos ambientais adversos da aviação, elevação do desempenho e performance ambiental das melhorias operacionais, implementação de planos e programas nacionais e internacionais.

8

Resiliência Operacional

Proteção cibernética, continuidade de serviços críticos (Rede Operacional Mínima - MON), defesa contra interferências, capacidade de resposta a eventos extremos.

ARQUITETURA FUNCIONAL EM EVOLUÇÃO

A arquitetura funcional do SISCEAB encontra-se em plena evolução, sustentada pela digitalização e pela integração crescente entre serviços, aplicações e usuários do espaço aéreo. O modelo projetado evidencia três grandes eixos: novos usuários e operações emergentes; serviços e aplicações integradas; e infraestruturas críticas de apoio.

No topo da arquitetura, destacam-se os usuários do espaço aéreo em diferentes domínios: o ATM tradicional e as operações de Mobilidade Aérea Urbana (UAM) e de Gerenciamento de Tráfego Não Tripulado (UTM), além das Operações em Grandes Altitudes (HAO), com vetores estratosféricos e orbitais. A integração plena desses segmentos representa um dos maiores desafios para a gestão do espaço aéreo futuro.

No núcleo da arquitetura, concentram-se os serviços essenciais (SWIM, AIM e MET), responsáveis por assegurar

a interoperabilidade, a padronização e a troca de dados em tempo real entre organizações (B2B). Sobre essa arquitetura, operam as aplicações críticas (STVD, eSTRIP, SAGITARIO, SIGMA, TATIC, SYSAGA, SARPAS, DASA, CRONOS, etc) que sustentam os fluxos de decisão e a eficiência operacional.

Na base, encontram-se os sistemas de infraestrutura: comunicações digitais seguras, Navegação Baseada em Performance (PBN), rotas flexíveis, vigilância de múltiplas camadas (ADS-B, MLAT, SSR, PSR, monitoramento de drones), além do fortalecimento da cibersegurança como elemento transversal.

Por fim, a evolução da arquitetura depende de Recursos Humanos qualificados, com perfis híbridos, formação contínua e apoio da inteligência artificial na tomada de decisão, consolidando um modelo de operação mais seguro, resiliente e integrado ao contexto global.



1 Gerenciamento de Tráfego Aéreo



O Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM) no Brasil vem passando por uma transformação profunda para garantir que o espaço aéreo continue seguro, eficiente e preparado para receber novos tipos de aeronaves e novos modelos de operação. Esse avanço envolve tanto a modernização das práticas tradicionais quanto a incorporação de tecnologias emergentes e novos usuários, como drones, aeronaves remotamente pilotadas e veículos elétricos de pouso e decolagem vertical.

Ao longo dos próximos anos, o objetivo do ATM permanecerá sendo a gestão dos movimentos aéreos, durante todas as fases do voo, atendendo aos níveis estabelecidos de segurança operacional e proporcionando operações ótimas e sustentáveis.

A evolução ATM seguirá um caminho de integração contínua, no qual a aviação tradicional e as novas aeronaves coexistirão de forma segura e harmoniosa, apoiados por processos digitais, infraestrutura moderna e novas formas de coordenação entre os diversos órgãos e operadores.

Avanços previstos

- **Gestão por Performance**

A Gestão por Performance orienta a modernização do Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM) com a compreensão de que a automação, a digitalização e o uso de dados de vigilância e navegação são viabilizadores essenciais da evolução e da resiliência do SISCEAB.

Nesse sentido, o DECEA reforçará a cultura de Gestão por Performance para otimizar o uso do espaço aéreo, reduzir tempos de voo e mitigar impactos ambientais. Em 2040, a análise contínua e consolidada de indicadores-chave (KPI) e o uso de recursos de inteligência de negócios (BI) facilitarão a identificação proativa de melhorias e o alinhamento com as melhores práticas do setor.

- **Segurança Operacional (Safety) como pilar de desenvolvimento**

A Segurança Operacional orientará a modernização do ATM com a compreensão de que alarmes antecipados, automação e digitalização não são apenas incrementos de *Safety*, mas viabilizadores essenciais da evolução do Sistema. Ferramentas capazes de ampliar a consciência situacional, reduzir a carga de trabalho e apoiar decisões críticas transformam a segurança em um fator ativo de progresso: quanto mais robustos os mecanismos de prevenção, integridade e resiliência, maior a capacidade do ATM de operar com eficiência, previsibilidade e acesso equitativo.

- **Informações digitais e compartilhadas sobre voos**

Introdução de um sistema totalmente automatizado que substituirá o Plano de Voo tradicional. Esse novo formato permitirá atualizações em tempo real desde o planejamento até o pouso, fortalecendo a coordenação entre companhias aéreas, aeroportos e órgãos de controle.

- **Gestão baseada na trajetória completa da aeronave**

A evolução para as Operações Baseadas nas Trajetórias (TBO), considerando posição e tempo, permitirá que todos os envolvidos acompanhem a mesma rota digital da aeronave. Isso aumentará a precisão, a previsibilidade e a segurança, reduzindo intervenções manuais e ampliando a eficiência das operações.

- **Unidades de controle remotas**

Torres e Controles de Aproximação poderão operar a partir de locais remotos, utilizando câmeras, sensores, sistemas digitais de alta qualidade e redes de comunicação de grande capacidade e confiabilidade. Isso permitirá atender vários aeroportos de forma integrada, reduzindo custos e mantendo elevados padrões de segurança.

- **Processos colaborativos de tomada de decisão**

Ampliação do modelo em que operadores, autoridades e prestadores de serviço analisam informações em conjunto e tomam decisões alinhadas, evitando atrasos, reduzindo impacto de contingências e aumentando a eficiência geral da malha.

- **Apoio simultâneo às operações civis e militares**

Modernização de sistemas e estruturas para garantir que as atividades militares, especialmente as de Defesa Aérea, convivam de forma eficiente com o tráfego civil, mantendo a segurança nacional sem comprometer a fluidez das demais operações.

- **Uso avançado de tecnologia e previsões automatizadas**

Aplicação de ferramentas de análise de dados e algoritmos capazes de prever cenários de saturação do espaço aéreo e propor ajustes em tempo real.

- **Gerenciamento de tráfego de drones**

Criação de um sistema específico para organizar e supervisionar o uso de drones de diferentes portes e capacidades, garantindo que esses equipamentos operem de forma segura e compatível com o restante do tráfego aéreo.

- **Operações de veículos elétricos de pouso e decolagem vertical**

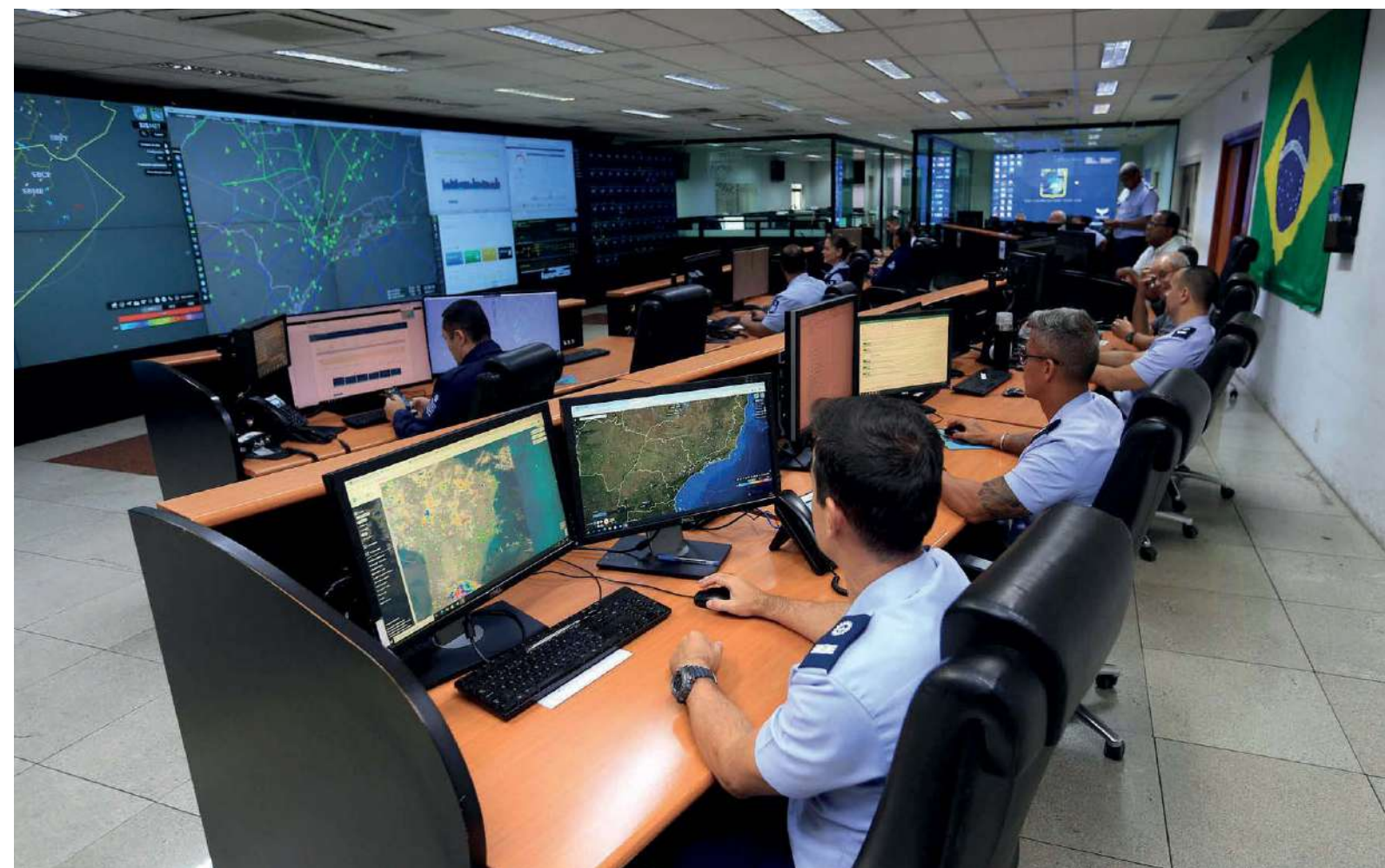
Evolução das regras que permitirão a operação segura e escalável dos veículos destinados à Mobilidade Aérea Urbana (UAM), integrando-os ao ambiente do tráfego aéreo tradicional e ao sistema de drones.

- **Aeronaves remotamente pilotadas em rotas regulares**

Inserção gradual de aeronaves remotamente pilotadas em operações semelhantes às da aviação convencional, incluindo voos em condições meteorológicas adversas e de longa distância, a partir de aeroportos controlados.

- **Uso dinâmico e flexível do espaço aéreo**

Reestruturação das áreas de voo para permitir que diferentes categorias de aeronaves compartilhem o mesmo ambiente aéreo com segurança, respeitando suas características e necessidades operacionais.





As comunicações aeronáuticas são a base para a coordenação segura e contínua entre aeronaves, órgãos do Serviço de Tráfego Aéreo (ATS) e sistemas de apoio. A CONOPS ATM Brasil estabelece a transição para uma infraestrutura de comunicações mais robusta, digital e resiliente.

Avanços previstos

- **Evolução para a Rede de Telecomunicações Aeronáuticas - Brasil (ATN-Br)**
Rede nacional de dados baseada em IP (Protocolo da Internet – *Internet Protocol*), garantindo interoperabilidade e elevada disponibilidade de serviços.
- **Integração do Sistema de Comunicações Digitais Aeronáuticas em Banda L (LDACS)**
Tecnologia escalável para substituir gradualmente enlaces analógicos VHF/AM, oferecendo maior largura de banda, eficiência espectral e capacidades adicionais de navegação. Essa tecnologia está alinhada com as diretrizes de segurança cibernética estabelecidas pela Organização de Aviação Civil Internacional (OACI).
- **Ampliação do uso de Comunicações por Enlace de Dados Controlador - Piloto (CPDLC)**
Comunicação texto-dados entre pilotos e controladores, aumentando a clareza operacional e reduzindo riscos de falhas de entendimento por voz.
- **Expansão para novos entrantes**
Com drones, táxis aéreos e veículos autônomos, o Sistema deverá integrar novos usuários do espaço aéreo, permitindo que o Gerenciamento de Tráfegos não Tripulados (UTM), as operações de Mobilidade Aérea Urbana (UAM) e em Grandes Altitudes (HAO) e o Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM) operem de forma harmônica na mesma infraestrutura digital.

3 Navegação



A modernização da área Navegação no SISCEAB está orientada para a consolidação da Navegação Baseada em Performance (PBN), que oferece maior precisão, flexibilidade, economia operacional e benefícios ambientais.

Avanços previstos

- **Racionalização da infraestrutura terrestre**

O processo de evolução prevê a racionalização da infraestrutura de auxílios à navegação aérea, reduzindo gradualmente a dependência de sistemas convencionais terrestres para navegação primária, em favor de soluções baseadas em satélites. Essa otimização busca direcionar recursos para tecnologias mais precisas e econômicas, sem renunciar à resiliência operacional, assegurada por uma Rede Operacional Mínima (MON), apoiada por soluções compostas como DME/DME e sensores das aeronaves, capazes de sustentar operações em casos de degradação ou indisponibilidade dos sistemas satelitais (GNSS).

- **Expansão RNAV e RNP para todas as fases do voo**

A consolidação do conceito PBN contempla a expansão das especificações RNAV (Navegação de Área - *Area Navigation*) e RNP (Performance de Navegação Requerida - *Required Navigation Performance*) para todas as fases do voo — Rota, Terminal e Pouso — garantindo maior precisão, previsibilidade e flexibilidade operacional. Essa ampliação elevará a capacidade de disponibilização de trajetórias otimizadas e de padronização de procedimentos no espaço aéreo brasileiro, reduzindo a carga de trabalho de controladores e tripulações.

- **Disponibilização de trajetórias ambientalmente sustentáveis**

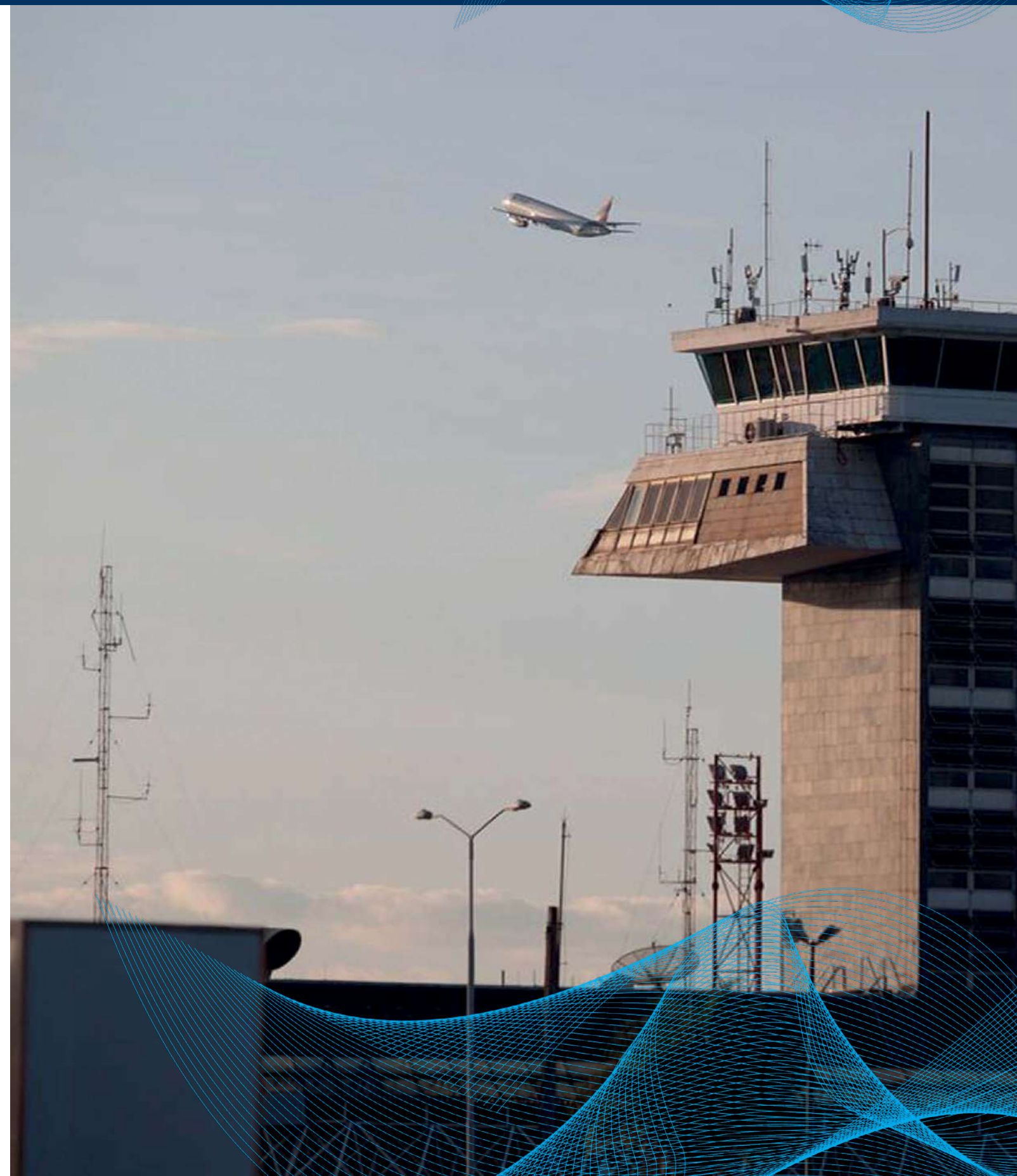
O desenvolvimento de trajetórias otimizadas, além de maximizar a eficiência operacional, contribuirá para a redução dos impactos ambientais da aviação. Por meio da aplicação de conceitos como Operações de Subida Contínua (CCO) e Operações de Descida Contínua (CDO), busca-se reduzir o consumo de combustível e os níveis de ruído e as emissões.

- **Ampliação da disponibilidade de operações nas Regras de Voo por Instrumentos (IFR)**

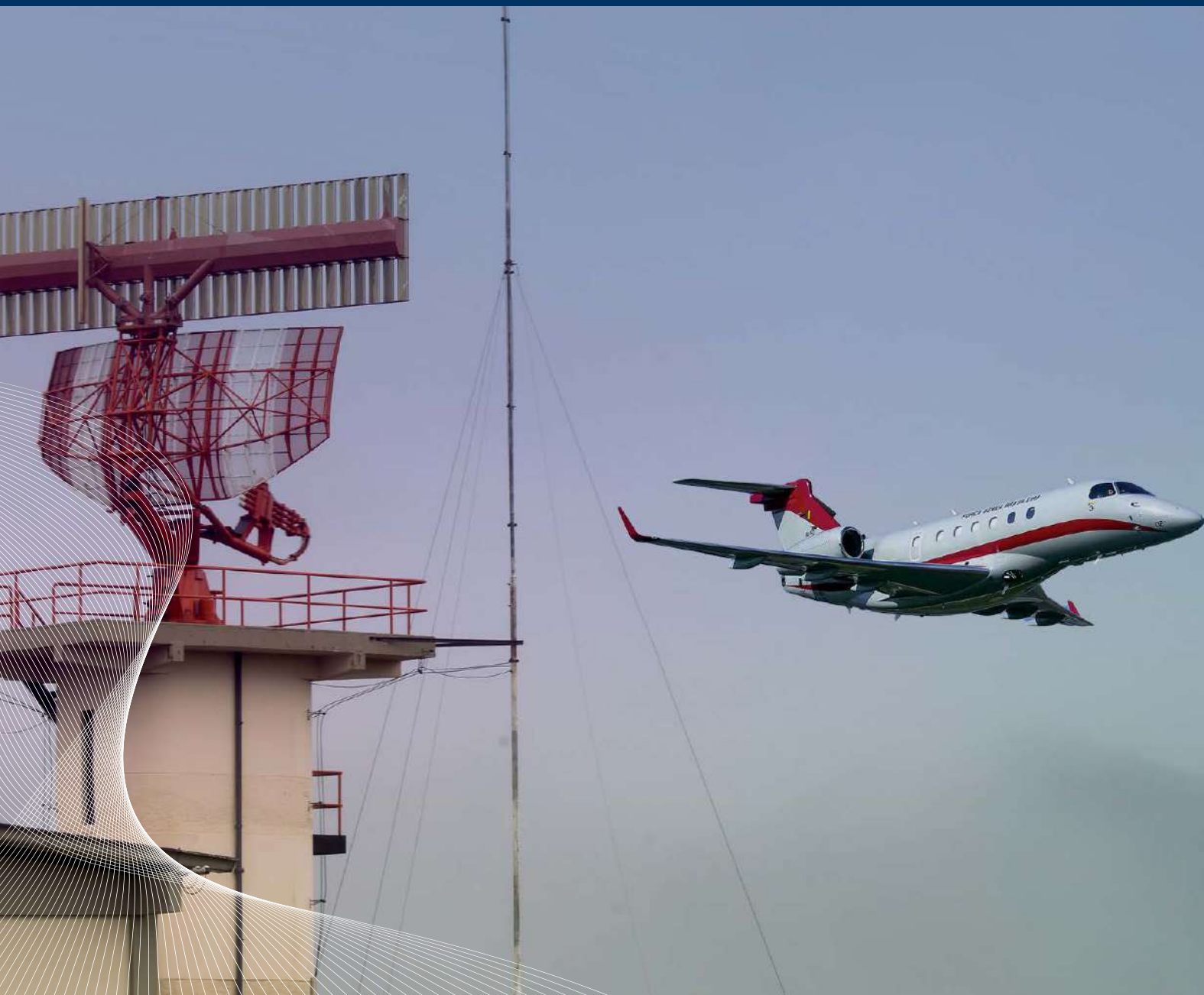
A ampliação da disponibilidade de operações IFR é um vetor essencial para a integração territorial e o fortalecimento da conectividade aérea nacional. A implementação de procedimentos PBN, notadamente as aproximações RNP APCH (RNP para Aproximação - *RNP Approach*) com ou sem orientação vertical (LNAV/VNAV, LPV), propiciará a operação segura mesmo sob condições meteorológicas adversas, reduzindo cancelamentos e desvios para destinos alternativos. Essa iniciativa amplia o acesso aéreo para um maior número de destinos no país, contribuindo para a interiorização do desenvolvimento.

- **Integração da navegação baseada em satélites a novos conceitos operacionais**

A integração da navegação baseada em satélites aos novos conceitos operacionais representa um avanço fundamental na interoperabilidade e na evolução do gerenciamento do espaço aéreo. O uso de meios satelitais em domínios emergentes, como Gerenciamento de Tráfegos não Tripulados (UTM), Mobilidade Aérea Urbana (UAM) e Operações em Grandes Altitudes (HAO), exige novas arquiteturas técnicas e regulatórias que assegurem continuidade, integridade e segurança operacional. O SISCEAB, apoiado em infraestruturas baseadas em satélites complementares (multifrequência e multi-constelação) e na gestão integrada de dados por meio do Gerenciamento Total da Informação do Sistema (SWIM), prepara-se para prover serviços de navegação resilientes e adaptáveis a esses novos cenários.



4 Vigilância



A vigilância do espaço aéreo brasileiro está em contínua evolução para atender ao aumento da demanda e à diversificação dos usuários.

Avanços previstos

- **Manutenção de uma rede redundante de radares primários e secundários**

A vigilância do espaço aéreo brasileiro baseia-se em uma rede nacional de radares primários (PSR) e secundários (SSR), estrategicamente distribuídos para garantir cobertura contínua e redundante. Essa estrutura permite o monitoramento eficaz de aeronaves cooperativas e não cooperativas, fortalecendo a segurança e a soberania do espaço aéreo. A manutenção e a atualização dessa rede seguem critérios de confiabilidade e interoperabilidade.

- **Expansão do uso de sensores ADS-B e MLAT**

A incorporação de sensores de Vigilância Dependente Automática-Radiodifusão (ADS-B) e de Multilateração (MLAT) ampliará a cobertura e a precisão do monitoramento, especialmente em áreas remotas e oceânicas. Essas tecnologias integram o conceito de Vigilância Baseada em Desempenho, otimizando a gestão do espaço aéreo e permitindo separações menores entre aeronaves sem prejuízo à segurança.

- **Integração de dados de vigilância civil e militar**

A integração dos dados de vigilância de sensores para uso civil e militar fortalece a consciência situacional, assegura uma visão unificada do espaço aéreo e favorece a coordenação entre o Controle de Tráfego Aéreo e a Defesa Aérea, ampliando a precisão e a capacidade de resposta. A interoperabilidade entre sistemas é garantida por protocolos padronizados e centros de processamento que consolidam e distribuem dados em tempo real.

- **Modernização dos Sistemas de Tratamento e Visualização de Dados (STVD)**

A modernização dos STVD é fundamental para a eficiência e a segurança do controle de tráfego aéreo. As novas plataformas integram diferentes sensores e fontes de informação, oferecendo atualização em tempo real e interfaces mais intuitivas para os controladores. Esses avanços aprimoram a detecção de conflitos e a tomada de decisão.

- **Adoção de conceitos de vigilância colaborativa**

A vigilância colaborativa, baseada na participação de usuários equipados com sistemas ADS-B e outras tecnologias embarcadas, representa um avanço na arquitetura de vigilância aérea. Essa abordagem permite o compartilhamento direto de informações entre aeronaves e centros de controle, aumentando a redundância e a resiliência do sistema. Além de ampliar a cobertura em áreas remotas, contribui para a redução de custos de infraestrutura e para o fortalecimento da consciência situacional no SISCEAB.

5

Serviços de Informação



Os Serviços de Informação têm como finalidade assegurar o intercâmbio, a gestão e a disponibilização eficiente das informações essenciais à navegação aérea. A gestão integrada da informação sustenta níveis mais elevados de segurança operacional, eficiência e previsibilidade das operações, permitindo uma coordenação mais efetiva entre todos os usuários do SISCEAB.

Avanços previstos

- **Garantia de qualidade e confiabilidade dos dados**
A gestão da informação no SISCEAB visa a assegurar que os dados disponibilizados sejam confiáveis, oportunos e de qualidade comprovada, constituindo a base para decisões precisas no Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM). Esse processo reforça a segurança das operações e a eficiência do Sistema, garantindo que controladores, operadores e demais usuários disponham de informações consistentes e atualizadas para o desempenho de suas funções.
- **Construção de uma visão situacional integrada**
A gestão de informações possibilita a formação de uma visão situacional abrangente e continuamente atualizada, que considera o histórico, o estado presente e as projeções futuras das operações. Essa abordagem favorece a análise antecipada de cenários e a adoção de medidas proativas no controle do tráfego aéreo, contribuindo para a previsibilidade e a coordenação entre os diversos serviços ATM.
- **Apoio à tomada de decisão colaborativa**
Fundamentado em um ambiente informacional integrado, o processo de gestão da informação oferece suporte à tomada de decisões colaborativas baseadas em dados. Essa capacidade permite que todos os interessados atuem de forma coordenada e alinhada, reduzindo incertezas operacionais e aumentando a eficiência global do sistema.
- **Domínios e padrões de informação utilizados**
O escopo da gestão da informação abrange todos os domínios necessários ao ambiente colaborativo ATM, incluindo a troca de informações dentro de protocolos padronizados, como informações aeronáuticas (AIXM – *Aeronautical Information Exchange Model*), informações meteorológicas (IWXXM – *ICAO Weather Information Exchange Model*) e de voo e fluxo (FIXM – *Flight Information Exchange Model*). Esses padrões asseguram interoperabilidade técnica e semântica entre sistemas nacionais e internacionais, em conformidade com os princípios do conceito Gerenciamento Total da Informação do Sistema (SWIM), preconizado pela OACI.

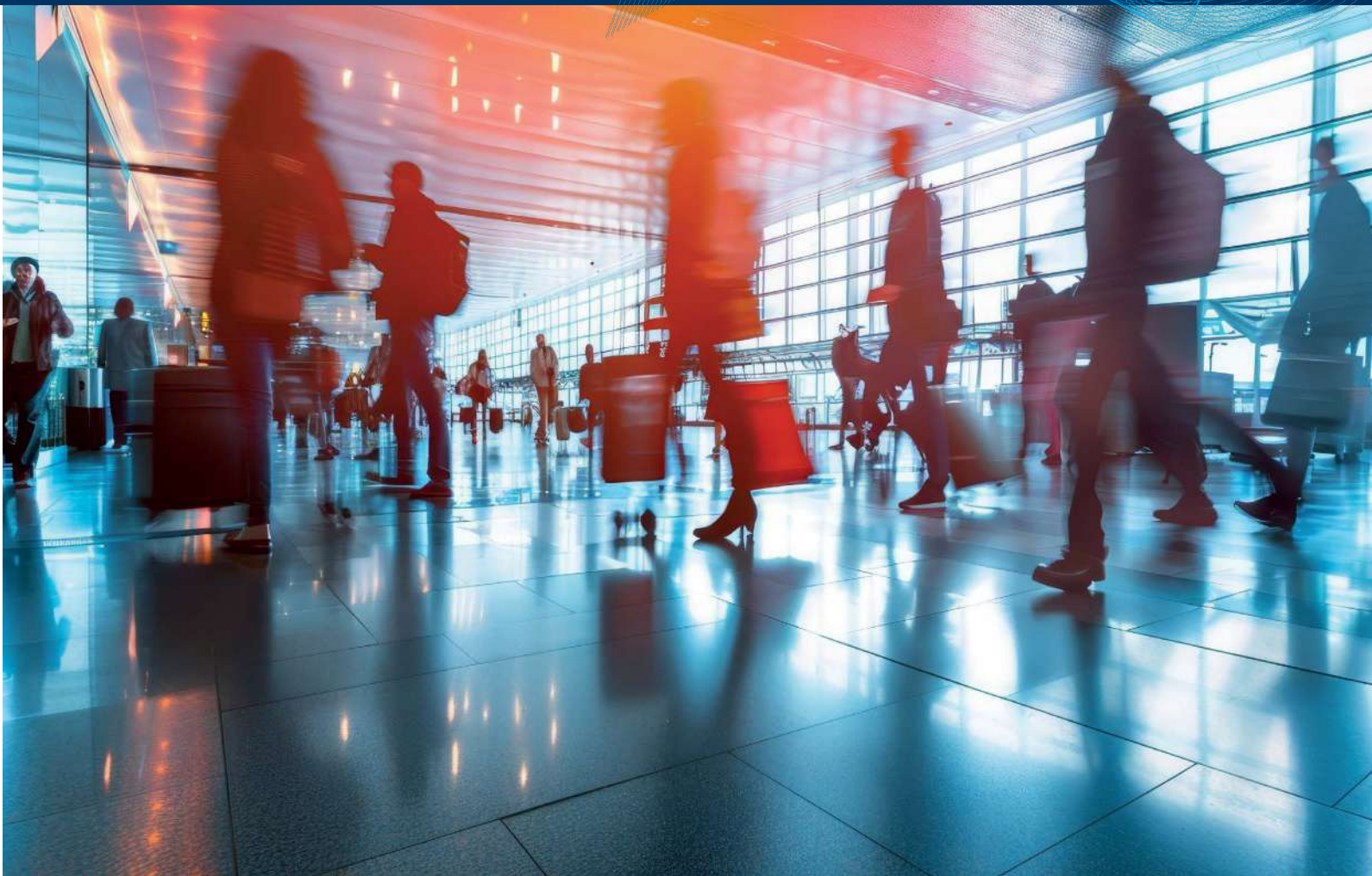
5.1 Gestão da Informação Aeronáutica (AIM)

Implementação do AIM: Visão Geral

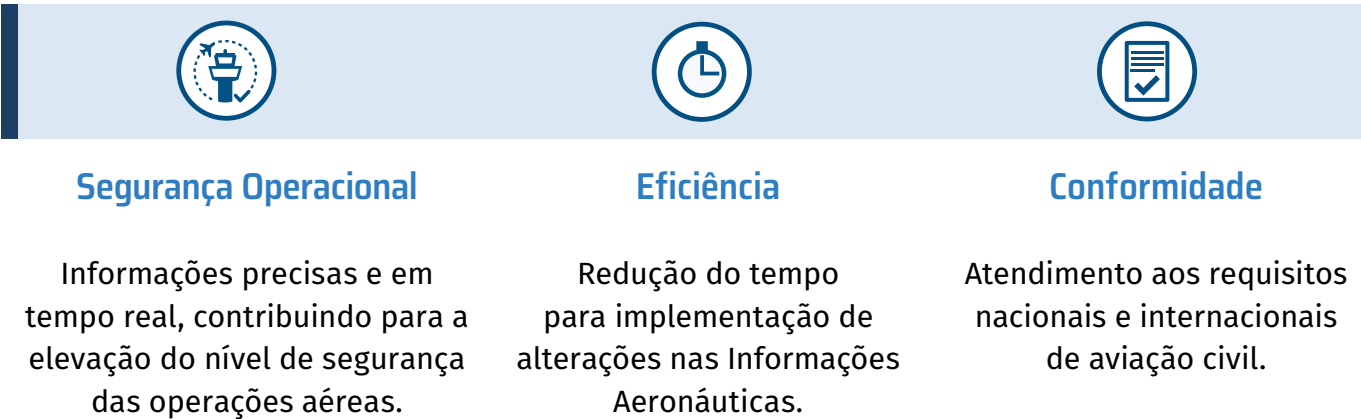
A implementação do AIM representa um avanço significativo no Serviço de Informação Aeronáutica, substituindo modelos tradicionais por uma abordagem moderna, orientada a dados. Alinhado às diretrizes da OACI, o AIM responde às demandas de um tráfego aéreo cada vez mais complexo e dinâmico.

Objetivos

Os objetivos do AIM sustentam a **integridade**, a **qualidade** e a **disponibilidade de dados**, pilares essenciais para a segurança e a eficiência das operações aéreas.



Benefícios



5.2 Informação Meteorológica

O Serviço de Meteorologia Aeronáutica é essencial para a segurança, a eficiência e a regularidade da navegação aérea, ao fornecer informações oportunas e confiáveis aos usuários do SISCEAB. Integrada ao Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM) moderno e alinhada a padrões internacionais, deve ser globalmente interoperável, com dados adaptados em conteúdo, formato e oportunidade para apoiar decisões em todas as fases do voo e reduzir riscos e impactos ambientais.

Tendências e Demandas Futuras

- Atualização em tempo real das informações meteorológicas, com uso intensivo de enlace de dados;
- Previsões customizadas e de curtíssimo prazo para apoio às decisões táticas em operações aéreas;
- Aplicação de inteligência artificial nos modelos numéricos, aumentando a precisão e a eficiência das previsões do tempo;
- Incorporação de novos sensores e tecnologias, tais como perfiladores de vento e drones meteorológicos;
- Integração digital entre sistemas por meio de *web services* e aplicativos, garantindo maior agilidade e interoperabilidade; e
- Monitoramento contínuo de fenômenos severos e do clima espacial, reforçando a segurança e a tomada de decisão no controle do espaço aéreo.



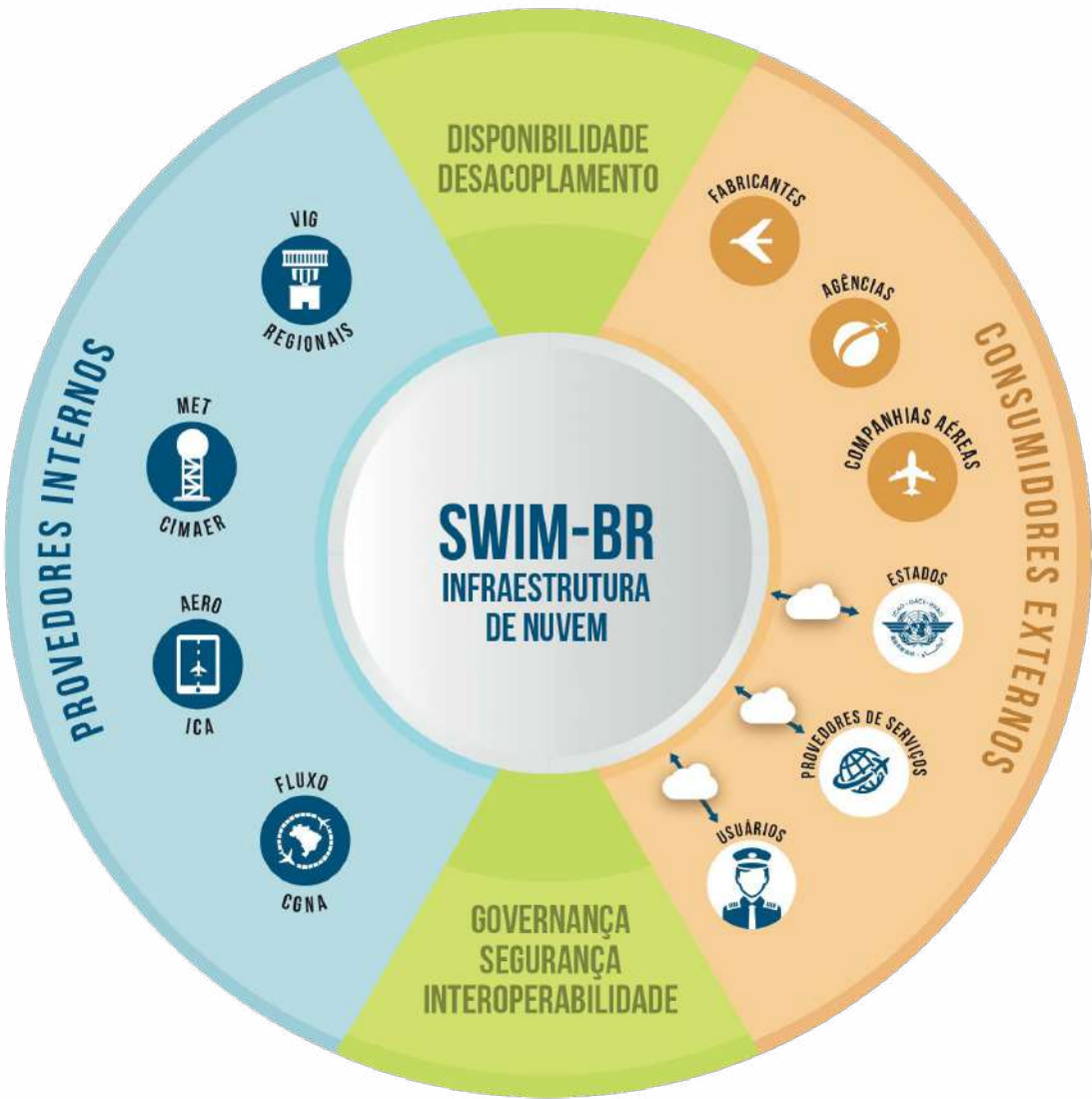
Benefícios

		
SISMET Sistema de Meteorologia	Banco OPMET	Estações Meteorológicas Automáticas
Integração de dados meteorológicos e previsão do tempo mais eficiente.	Maior interoperabilidade e precisão das informações meteorológicas, com intercâmbio automatizado e padronizado.	Aumento da capacidade de coleta de dados do ar superior, melhorando os modelos de previsão do tempo.

5.3 Gerenciamento Total da Informação do Sistema (SWIM)

O conceito SWIM foi desenvolvido para possibilitar a transformação digital do Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM), promovendo a troca padronizada e segura de informações, assegurando a interoperabilidade, o acesso a tempo real e a qualidade dos dados compartilhados, viabilizando operações mais eficientes, previsíveis e colaborativas.

No contexto do SISCEAB, o SWIM integra sistemas civis e militares, consolidando a base informacional para a modernização contínua do ambiente do ATM nacional.



Principais Mudanças com o SWIM

ANTES	DEPOIS	
Paradigma de troca de informações ponto a ponto entre sistemas.		Troca de informações via serviços interoperáveis baseados em tecnologias de internet.
Sistemas com protocolos de comunicação customizados.		Arquitetura de serviços que desacopla os provedores dos consumidores, evitando que as informações sejam geradas novamente em cada domínio.
Arquitetura de alto custo de manutenção e expansão, baseada em integrações ponto a ponto, dificultando a adaptação a novos requisitos, a integração de novos sistemas e a evolução do ATM.		Trocas de informações por meio de serviços interoperáveis, permitindo a evolução gradual, a reutilização da informação e a maior agilidade na adaptação do Sistema ATM.
Informações em formato de papel (gráficos e texto).		Informações geradas em formato digital e disponíveis por meio de serviços de informação interoperáveis.
Falta de interoperabilidade semântica, com conceitos-chave tendo diferentes significados em diferentes áreas.		Capacidade de sistemas e organizações trocarem informações com um significado compartilhado e não ambíguo (interoperabilidade semântica).
Necessidade de conexões dedicadas entre provedores e consumidores.		Acesso à informação via publicação e assinatura, sem a necessidade de conexões dedicadas entre provedores e consumidores.
Dificuldade de acesso e alto custo para intercâmbio oportuno de informações entre stakeholders.		Gerenciamento e troca de informações de forma flexível, adaptável e escalável entre as partes qualificadas.

6

Recursos Humanos e Capacitação



O sucesso do SISCEAB depende da qualificação, motivação e bem-estar dos profissionais que operam e mantêm o Sistema. A evolução tecnológica prevista para 2040 exige uma transformação na gestão de pessoas, com o DECEA investindo na formação de profissionais com perfis híbridos, capazes de operar interfaces homem-máquina sofisticadas e sistemas de inteligência artificial, mantendo capacidade de julgamento crítico e adaptabilidade aos ambientes operacionais cada vez mais complexos e interconectados.

Avanços previstos

- **Formação técnica de excelência**
Modernização das metodologias de ensino nas escolas de formação, incorporando simuladores de última geração, cenários operacionais realistas e conteúdos alinhados às melhores práticas educacionais e às diretrizes da OACI.
- **Capacitação contínua e desenvolvimento de competências**
Implementação de programas permanentes de atualização técnica para Controladores de Tráfego Aéreo, meteorologistas, operadores AIM e técnicos de manutenção, com ênfase em novas tecnologias, procedimentos digitais e proficiência linguística em inglês aeronáutico.
- **Preparação para novas tecnologias e automação**
Treinamento específico para operação de sistemas automatizados, Órgãos de Controle remotos, ferramentas de apoio à decisão baseadas em inteligência artificial e ambientes integrados via Gerenciamento Total da Informação do Sistema (SWIM).
- **Desenvolvimento de perfis profissionais híbridos**
Formação de profissionais versáteis, com competências multidisciplinares que permitam transitar entre diferentes funções e adaptar-se rapidamente às demandas de um ambiente operacional em constante evolução.
- **Apoio à qualidade de vida e ao bem-estar**
Fortalecimento de políticas de apoio psicossocial, assistência às famílias de militares em localidades remotas, programas de saúde ocupacional e iniciativas de equilíbrio entre vida pessoal e profissional, reconhecendo os desafios inerentes à atividade operacional contínua.
- **Gestão do conhecimento organizacional**
Desenvolvimento de sistemas e práticas para captura, preservação e disseminação do conhecimento institucional, garantindo a transferência de experiência entre gerações de profissionais e a manutenção da memória técnica do SISCEAB.

7

Sustentabilidade e Meio Ambiente



A proteção ambiental é parte integrante do processo de planejamento do SISCEAB, buscando minimizar os efeitos ambientais adversos das atividades aéreas por meio de ações desenvolvidas nas áreas operacional, administrativa e de infraestrutura.

Avanços previstos

- **Gestão ambiental e sustentabilidade institucional**

A implantação de Sistemas e Práticas de Gestão Ambiental (SGA) permite o monitoramento contínuo dos impactos e do desempenho ambiental, orientando ajustes e melhorias. Paralelamente, a implementação do Plano de Logística Sustentável (PLS) em todas as unidades fortalece a integração das ações de eficiência e responsabilidade socioambiental. Além disso, a gestão de resíduos e de recursos naturais é essencial para reduzir impactos, otimizar insumos e promover práticas sustentáveis nas atividades operacionais.

- **Redução de emissões e eficiência Operacional**

A participação no programa internacional CORSIA (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*) reforça o compromisso com a compensação e a redução das emissões da aviação. Esse compromisso é fortalecido pela adoção de procedimentos operacionais mais eficientes, que reduzem diretamente a emissão de gases poluentes. Além disso, a implementação do GANP (*Global Air Navigation Plan*) incorpora avaliações ambientais que garantem um desenvolvimento da navegação aérea sustentável e alinhado às melhores práticas do setor.

- **Manejo de fauna e vegetação**

O controle do risco da fauna, especialmente relacionado à presença de aves, é fundamental para elevar a segurança das operações aéreas. Complementarmente, a supressão vegetal controlada atua na prevenção de riscos ao tráfego aéreo, reforçando a segurança operacional. Por outro lado, iniciativas de reposição florestal e recuperação de áreas degradadas, desenvolvidas pelo DECEA, desempenham papel essencial na mitigação de impactos ambientais e na preservação dos ecossistemas afetados.

- **Inovação e parcerias**

O desenvolvimento e a aplicação de tecnologias ambientais para redução de impactos são fundamentais para tornar as operações mais sustentáveis. Além disso, parcerias com órgãos ambientais e instituições de pesquisa fortalecem a troca de conhecimento, estimulam a inovação e ampliam a efetividade das ações de proteção ambiental.

8

Resiliência Operacional



O ambiente aeronáutico, agora altamente digitalizado, conectado e dependente de informações em tempo real, exige que redes, sensores, aplicações, dados e pessoas sejam capazes de resistir, reagir e se recuperar rapidamente de interrupções técnicas, operacionais ou cibernéticas.

Avanços previstos

- **Ambiente hiperconectado**

No futuro, o SISCEAB deverá operar em um ambiente com alta conectividade, no qual a infraestrutura de Comunicações, Navegação, Vigilância e os Sistemas de Informação dependerão, cada vez mais, de redes digitais integradas e de alto desempenho.

Diante disso, o DECEA investirá cada vez mais em uma arquitetura com alta resiliência cibernética, capaz de antecipar ameaças, detectar anomalias e responder a incidentes com agilidade e precisão.

- **Aumento das redundâncias**

A infraestrutura do SISCEAB está sendo redesenhada para ampliar a sua redundância. Centros de controle, sistemas de Vigilância, meios de Comunicação, auxílios à navegação, servidores de dados e infraestrutura do conceito Gerenciamento Total da Informação do Sistema (SWIM) deverão possuir caminhos alternativos e *backups* distribuídos. Se um enlace ou sistema for comprometido por falha, desastre natural ou ataque cibernético, soluções como a entrada automática da infraestrutura alternativa ou a aplicação da Rede Operacional Mínima (MON) garantirão a continuidade da operação.

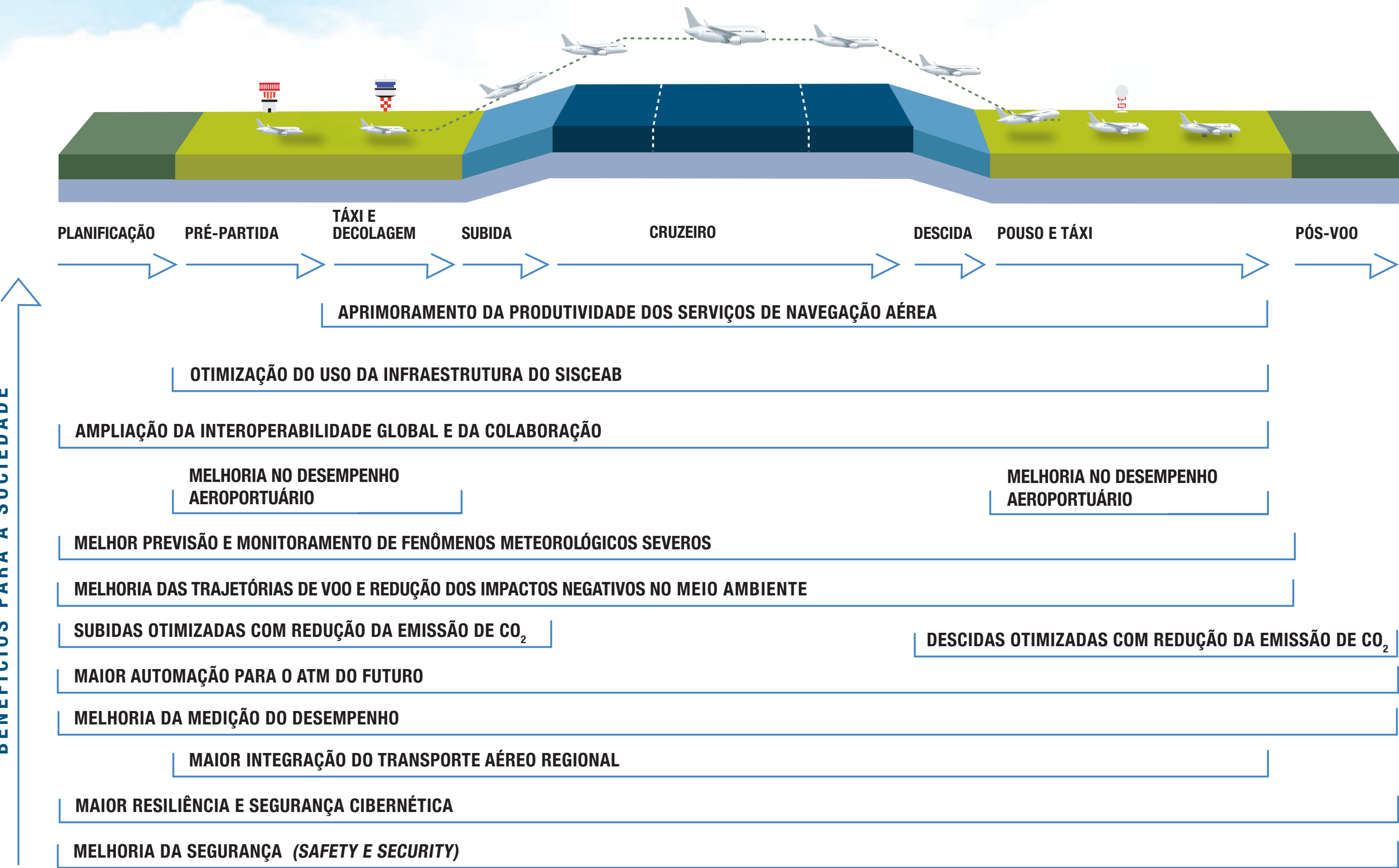
- **Melhoria contínua das defesas cibernéticas**

As atividades de defesa cibernética evoluirão continuamente, apoiadas por sistemas de inteligência artificial que monitorarão redes, enlaces e aplicações do controle de tráfego aéreo. Algoritmos especializados deverão detectar comportamentos suspeitos, acessos indevidos, interferências eletromagnéticas ou ataques distribuídos, permitindo resposta em poucos segundos e garantindo a integridade dos sistemas essenciais.

- **Integridade e Continuidade das Operações**

A união entre resiliência operacional, robustez tecnológica e segurança cibernética permitirá que o SISCEAB seja capaz de manter a integridade das operações mesmo sob pressão ou ameaça, assegurando que o controle do espaço aéreo brasileiro permaneça eficiente, seguro e soberano.

FASES DO VOO - EVOLUÇÃO





ATM DO FUTURO

ADS-B	Vigilância Dependente Automática - Radiodifusão (<i>Automatic Dependent Surveillance – Broadcast</i>)	NAV GNSS	Navegação Satelital (GNSS – Sistema Global de Navegação por Satélite (<i>Global Navigation Satellite System</i>))
AFIS	Serviço de Informação de Voo de Aeródromo (<i>Aerodrome Flight Information Service</i>)	PBN	Navegação Baseada em Performance (<i>Performance-Based Navigation</i>)
APP	Controle de Aproximação (<i>Approach Control</i>)	PSR	Radar Primário de Vigilância (<i>Primary Surveillance Radar</i>)
ATM	Gerenciamento de Tráfego Aéreo (<i>Air Traffic Management</i>)	RPA	Aeronave Remotamente Pilotada (<i>Remotely Piloted Aircraft</i>)
B2B	<i>Business to business</i>	SSR	Radar Secundário de Vigilância (<i>Secondary Surveillance Radar</i>)
DME	Equipamento Radiotelemétrico (<i>Distance measuring equipment</i>)	SWIM	Gerenciamento Total da Informação do Sistema (<i>System Wide Information Management</i>)
EAC	Espaço Aéreo Condicionado	TBO	Operações Baseadas na Trajetória (<i>Trajectory-Based Operations</i>)
eVTOL	Decolagem e Pouso na Vertical com Propulsão Elétrica (<i>Electric Vertical Take-off and Landing</i>)	TWR	Torre de Controle de Aeródromo ou Controle de Aeródromo (<i>Aerodrome Control Tower or Aerodrome Control</i>)
FF-ICE	Informação de Voo e de Fluxo para um Ambiente Colaborativo (<i>Flight and Flow Information for a Collaborative Environment</i>)	UAM	Mobilidade Aérea Urbana (<i>Urban Air Mobility</i>)
FL	Nível de Voo (<i>Flight Level</i>)	UTM	Gerenciamento de Tráfegos não Tripulados (<i>Unmanned Traffic Management</i>)
HAO	Operações em Grandes Altitudes (<i>Higher Airspace Operations</i>)		
MLAT	Multilateração		



ARQUITETURA FUNCIONAL EM EVOLUÇÃO

ADS-B	Vigilância Dependente Automática - Radiodifusão (<i>Automatic Dependent Surveillance – Broadcast</i>)	PBN	Navegação Baseada em Performance (<i>Performance-Based Navigation</i>)
AIM	Gestão da Informação Aeronáutica (<i>Aeronautical Information Management</i>)	PSR	Radar Primário de Vigilância (<i>Primary Surveillance Radar</i>)
ATFM	Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo (<i>Air Traffic Flow Management</i>)	RNP AR	<i>Required Navigation Performance Authorization Required</i>
ATM	Gerenciamento de Tráfego Aéreo (<i>Air Traffic Management</i>)	SAGITARIO	Sistema Avançado de Gerenciamento de Informações de Tráfego Aéreo e Relatório de Interesse Operacional
CPDLC	Comunicação por Enlace de Dados Controlador - Piloto (<i>Controller - Pilot Data Link Communications</i>)	SARPAS	Solicitação de Acesso ao Espaço Aéreo por RPAS
CRONOS	<i>Complete Reliable Operable NOTAM System</i>	SIGMA	Sistema Integrado de Gestão de Movimentos Aéreos
DASA	<i>Digital Airspace System Analysis</i>	SSR	Radar Secundário de Vigilância (<i>Secondary Surveillance Radar</i>)
DME	Equipamento Radiotelemétrico (<i>Distance measuring equipment</i>)	STVD	Sistema de Tratamento e Visualização de Dados
eSTRIP	Strip eletrônica	SWIM	Gerenciamento Total da Informação do Sistema (<i>System Wide Information Management</i>)
FIR	Região de Informação de Voo (<i>Flight Information Region</i>)	SYSAGA	Sistema de Gerenciamento de Processos da Área AGA (Aeródromos e Auxílios Terrestres)
GNSS	Sistema Global de Navegação por Satélite (<i>Global Navigation Satellite System</i>)	TATIC	Controle Total da Informação de Tráfego Aéreo (<i>Total Air Traffic Information Control</i>)
HAO	Operações em Grandes Altitudes (<i>Higher Airspace Operations</i>)	TBO	Operações Baseadas na Trajetória (<i>Trajectory-Based Operations</i>)
HAPS	Pseudossatélites de Alta Altitude (<i>High Altitude Platform Station</i>)	UAM	Mobilidade Aérea Urbana (<i>Urban Air Mobility</i>)
IA	Inteligência Artificial	UAS	Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas (<i>Unmanned Aircraft Systems</i>)
MET	Meteorologia	UTM	Gerenciamento de Tráfegos não Tripulados (<i>Unmanned Traffic Management</i>)
MLAT	Multilateração	VHF	Frequência Muito Alta (<i>Very High Frequency</i>)



LINKS E PUBLICAÇÕES

- PORTAL GANP OACI – [HTTPS://GANPPORTAL.ICAO.INT/](https://ganpportal.icao.int/)
- PORTAL SIRIUS – [HTTPS://SIRIUS.DECEA.MIL.BR/](https://sirius.decea.mil.br/)
- PORTAL PERFORMANCE DO SISCEAB – [HTTPS://PERFORMANCE.DECEA.MIL.BR/](https://performance.decea.mil.br/)
- PORTAL DRONE – [HTTPS://WWW.DECEA.MIL.BR/DRONE/](https://www.decea.mil.br/drone/)
- PORTAL SWIM – [HTTPS://PORTALSWIM.DECEA.MIL.BR](https://portalswim.decea.mil.br)
- PORTAL REDEMETS – [HTTPS://REDEMETS.DECEA.MIL.BR/](https://redemet.decea.mil.br/)
- PCA 351-7 CONCEPÇÃO OPERACIONAL UAM NACIONAL
- DCA 351-6 CONCEPÇÃO OPERACIONAL UTM NACIONAL

Expediente

Diretor-Geral do DECEA
Tenente-Brigadeiro do Ar Maurício Augusto Silveira de **Medeiros**

Vice-Diretor do DECEA
Major-Brigadeiro Engenheiro Alexandre Arthur Massena **Javoski**

Chefe do Subdepartamento de Operações
Brigadeiro do Ar James Souza **Short**

Chefe do Subdepartamento de Administração
Brigadeiro do Ar Luciano Cantuária **Pietrani**

Chefe do Subdepartamento Técnico
Coronel Aviador **Cyro** André Cruz

Assessoria de Governança do DECEA
Coronel Intendente **Ronald** José Pinto

Assessoria de Comunicação Social do DECEA
Primeiro-Tenente Jornalista Raphaela Valiñas **Martorano**

Créditos

REDAÇÃO

- **Subdepartamento de Operações**
Tenente-Coronel Aviador Hugo Dominato **Rossi**
Major Aviador **Douglas** da Silva Pinto Alves
Major Especialista em Comunicações Marcelo Mello **Fagundes**
Major Especialista em Controle de Tráfego Aéreo Márcio **André** da Silva
Capitão Especialista em Controle de Tráfego Aéreo Bruno Garcia **Franciscone**
Capitão Especialista em Meteorologia **Quilson** de Aragão Santos
- **Subdepartamento de Administração**
Coronel Aviador R/1 **Celso André** da Silva
Capitão Especialista em Serviços de Engenharia R/1 Fernando Pereira **Predes**
Civil **Lucas** Camargo de Carvalho
- **Subdepartamento Técnico**
Coronel Aviador **Victor** Santos da Silva
Tenente-Coronel Engenheiro Cleiton Almeida **Ataide**
- **Assessoria de Governança**
Coronel Aviador R/1 **Regis** Augusto Azevedo Peroba
Brigadeiro do Ar R/1 Luiz Cláudio **Ribeiro** da Silva
- **Assessoria de Comunicação Social**
Segundo-Tenente Jornalista Gabrielle Andressa **Fernandes** Torres

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO
Aline da Silva Prete (Assessoria de Comunicação Social)

REVISÃO E TRADUÇÃO
Professora Doutora **Rafaela** Araújo Jordão Rigaud Peixoto (Subdepartamento de Operações)

FOTOGRAFIAS - ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL
Luiz Eduardo **Perez**
Fábio Ribeiro Maciel
Banco de imagens



DECEA 2040

Uma perspectiva para o futuro do Sistema
de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro