



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2022

THIAGO HENRIQUE GOMES **SOUTO**, Cap Av

**Avaliação Meteorológica com o Uso de SARP na Academia da Força Aérea:**  
segurança e economia de meios

Rio de Janeiro

2022

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2022

THIAGO HENRIQUE GOMES **SOUTO**, Cap Av

**Avaliação Meteorológica com o Uso de SARP na Academia da Força Aérea:**  
segurança e economia de meios

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Ciência, Tecnologia e Inovação

Orientador: Marcelo Viegas Neves, Ten Cel Esp Fot

Rio de Janeiro

2022

THIAGO HENRIQUE GOMES **SOUTO**, Cap Av

**Avaliação Meteorológica com o Uso de SARP na Academia da Força Aérea:**  
segurança e economia de meios

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da  
Aeronáutica.

Aprovado por:

---

Marcelo **Viegas** Neves, Ten Cel Esp Fot  
EAOAR

---

**Alexandra** Vidal Pedinotti Zuma, Maj Farm  
EAOAR

Rio de Janeiro

2022

## RESUMO

A Academia da Força Aérea (AFA), responsável pela formação dos Oficiais Aviadores, utiliza primordialmente a instrução aérea sob as regras de voo visual, acrescidas de critérios para o aumento do desempenho e da segurança. Em circunstâncias nas quais os limites para este tipo de voo encontram-se próximo aos seus mínimos, por vezes são utilizadas as próprias aeronaves de instrução para a avaliação meteorológica, o que pode expor a aeronave e sua tripulação às condições de entrada inadvertida em condições de voo por instrumentos. Tais condições são propícias a causar a desorientação espacial na tripulação, com consequências fatais em caso de acidente. Neste contexto, este Ensaio defende o uso de Sistemas de Aeronave Remotamente Pilotadas (SARP) na AFA em substituição às aeronaves de instrução para otimizar a avaliação das condições meteorológicas. Para sustentar esta tese, primeiro aponta-se a presença constante do fator voo visual em condições de voo por instrumentos nos acidentes ao redor do mundo e a sua letalidade. O segundo argumento aponta que estudos na área de meteorologia realizados por universidades e instituições de pesquisa têm utilizado SARP para a coleta de dados mais precisa e mais econômica e tem apontado vantagens sobre os métodos tradicionais. Assim, espera-se que a utilização de SARP traga uma melhor capacidade de avaliação das condições meteorológicas antes do início da atividade aérea na AFA. A utilização deste tipo de vetor pode ser estendida às demais unidades aéreas de instrução do COMAER e às estações meteorológicas de superfície do DECEA.

**Palavras-chave:** Avaliação Meteorológica. SARP. Desorientação Espacial. CFIT. Voo visual em condições de voo por instrumentos.

## 1 INTRODUÇÃO

A Academia da Força Aérea (AFA) é a instituição de ensino superior da FAB responsável pela formação dos oficiais Aviadores. Na instrução aérea do curso de oficiais aviadores, o maior volume de voos é realizado sob as Regras de Voo Visual (VFR, do inglês *Visual Flight Rules*), seguindo os limites de visibilidade e teto prescritos como VFR nas Regras do Ar, que é a Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) nº 100-12/2018 (BRASIL, 2018). Estes são somados aos critérios de definição de horizonte e acúmulo de nuvens nas áreas de instrução, como Condições Meteorológicas de voo Visual (VMC, do inglês *Visual Meteorological Conditions*) para sua realização sem afetar a performance e a segurança de voo, conforme o Manual de Procedimentos – MAPRO (ACADEMIA DA FORÇA AÉREA, 2022).

Para a realização desta avaliação, é utilizada muitas vezes a avaliação *in loco* pelos Instrutores de Voo após a decolagem, além da prévia consulta às informações provenientes da REDEMET (Rede de Meteorologia do DECEA), de outros *sites* de informações meteorológicas e da Torre do DTCEA-YS (Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Pirassununga), órgão local. Porém tal avaliação em voo ocorre ocasionalmente em condições marginais de teto e visibilidade, ou seja, próximo aos limites mínimos estabelecidos para o voo VFR.

A utilização de SARP, também conhecidos por Drone, está cada dia mais difundida no cenário mundial para as mais diversas áreas, servindo como ferramenta essencial para a celeridade e redução de custos das operações, dentre as quais podemos destacar Infraestrutura, Mídia e Entretenimento, Telecomunicações, Agricultura, Segurança, Busca e Salvamento e Mineração, além do Emprego Militar, área de desenvolvimento e emprego inicial deste tipo de vetor (BRASIL, 2020).

Diante desta nova tecnologia, esse Ensaio defende o uso de SARP na AFA em substituição às aeronaves de instrução para otimizar a avaliação das condições meteorológicas.

Como primeiro argumento, tem-se que a exposição de uma aeronave em voo sob regras VFR a condições marginais de visibilidade e teto é uma situação que oferece grande perigo à aeronave e à tripulação, tendo em vista a alta probabilidade de entrada inadvertida em condições de voo por instrumento (IMC, do inglês *Instrument*

*Meteorological Conditions*), às quais pode não estar preparada para enfrentar, acarretando a perda de controle em voo, com grandes chances de ocorrência de um acidente aeronáutico. Como segundo argumento que sustenta a tese, tem-se que os SARP tem sido largamente estudados, aprimorados tecnicamente e suas regulações atualizadas, para o emprego seguro nas mais diversas aplicações, dentre elas a utilização por empresas e instituições que realizam análises meteorológicas, como plataforma para a coleta de dados de forma mais econômica, o que mostra a aplicabilidade desta tecnologia para a avaliação meteorológica no âmbito da AFA.

## 2 DESENVOLVIMENTO

A instrução aérea realizada na AFA é primordialmente feita sob as regras VFR, na qual se faz necessária uma condição de voo visual com o acréscimo de critérios específicos de definição de horizonte e acúmulo de nuvens para possibilitar a melhor qualidade e segurança, conforme previsto nos MAPRO. A avaliação meteorológica para o início dessas atividades é realizada por meio de consulta aos sistemas de informações meteorológicas tradicionais, porém, quando as condições estão próximas aos limites mínimos para o voo VFR, ocorre a decolagem de uma aeronave de instrução para realizar esta avaliação.

Nestas condições, a utilização deste método expõe a aeronave e sua tripulação, operando sob regras VFR, a uma condição de alta probabilidade de entrada inadvertida em condições IMC, condição esta conhecida pelo termo da língua inglesa como *VFR2IMC*, o que obrigaria o piloto a mudar as regras de voo que estão sendo seguidas para as Regras de Voo por Instrumentos (*IFR*, do inglês *Instrument Flight Rules*). Porém tal mudança de regra, quando a tripulação e/ou a aeronave não estão em condições de realizá-la, torna-se extremamente perigosa devido a alta probabilidade de ocorrer a desorientação espacial, podendo levar à colisão com o solo em voo controlado (*CFIT*, do inglês *Controlled Flight into Terrain*). Ocorrências com o fator *VFR2IMC* tiveram 05 registros entre os anos de 2016 a 2021, segundo relatório fornecido pela Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAA) da AFA, apontando a necessidade do incremento da avaliação meteorológica para a tomada de decisão quanto viabilidade da continuidade dos voos ou de se iniciar a instrução aérea, antes de expor uma aeronave a tais condições.

## 2.1 A influência do fator VFR2IMC na segurança de voo

Segundo AYIEI, MURRAY, WILD (2020), na análise das consequências de 26 ocorrências formalizadas de *VFR2IMC* entre os anos de 2003 a 2019 na Austrália, constantes no banco de dados da *Australian Transport Safety Bureau (ATSB)*, em 14 houve consequências fatais após a decisão do piloto por continuar o voo. Apontou também dados extraídos da *United States National Transportation Safety Board (NTSB)*, entre 1990 e 1997, em que 2,5% dos 14 mil acidentes envolveram *VFR2IMC*, e, de todas as fatalidades no período, este fator contribuiu com 11% delas. No Canadá, entre 1975 e 1985, o *VFR2IMC* esteve presente em 6% dos acidentes e em 26% das fatalidades. Assim fica evidente a constante presença e a letalidade do fator *VFR2IMC* nos acidentes aéreos e a necessidade de uma avaliação meteorológica criteriosa quando as condições estiverem marginais.

GOH e WIEGMANN (2001, apud AYIEI, MURRAY, WILD, 2020) observaram que os pilotos que continuaram o voo em IMC tinham como características habilidade e julgamento altas, o que indicam uma alta autoconfiança para continuar o voo nestas condições adversas, mas cometeram erros primários no processo de tomada de decisão, particularmente na avaliação da visibilidade. Esta imprecisão pode estar associada com falta de experiência em perceber as mudanças graduais das condições passando de VMC nos mínimos para IMC, podendo ser acentuada por fatores como cansaço, fadiga ou alta carga de trabalho. Na AFA, os instrutores de voo possuem em sua maioria uma bagagem de experiência operacional que proporciona a confiança necessária para a instrução aérea, porém também predispõe aquele instrutor a ter uma autoconfiança mais acentuada, o que caracteriza o mesmo perfil do piloto que está mais sujeito à situação de *VFR2IMC*.

A Motivação foi objeto de estudo mais aprofundado por WOODS *et al.* (2020) como sendo outro fator que afeta significativamente o desejo de prosseguir no voo VFR sob condições IMC. Concluíram que, quando interage com o fator condição meteorológica em condições marginais, tem maior influência. Esta característica tem alinhamento com a pesquisa acerca da tomada de decisão baseada no objetivo de HIGGINS (2000), na qual adota que todos os humanos são motivados a tomar boas decisões, trazendo altos benefícios com baixos custos. Ou seja, os próprios fatores intrínsecos do instrutor da AFA podem levá-lo a tomar a decisão de efetuar a decolagem

para avaliar a meteorologia, diante do compromisso institucional de realizar aquele voo, necessário para dar prosseguimento à formação do aluno/cadete, e, assim, expõe-se à condição de *VFR2IMC*. Desta forma, a avaliação prévia ao voo, realizada por uma equipe em solo com a utilização de SARP, limita esta Motivação e este tipo de exposição, pois o vetor aéreo do SARP é que realizará o voo, expondo somente o equipamento e não vidas humanas, contribuindo assim para a segurança de voo.

Ademais, com o intuito de mitigar as consequências da Motivação, WOODS *et al.* (2020) concluem também que o resultado indica que este desejo de continuar é associado a uma falta de vontade de revisar o plano, apesar da rápida junção de situações de perigo. Isso leva ao entendimento de que a compreensão de como as diferentes motivações podem afetar a vontade de prosseguir é necessária e deve estar acompanhada de um programa de educação para os pilotos, que incluem treinamento, divulgação e prevenção, com o objetivo máximo de reduzir o número de acidentes e fatalidades relacionados com meteorologia. Esta conscientização também é necessária em meio ao corpo docente da instrução aérea da AFA, com vistas à conscientização acerca das motivações que levam a esta tomada de decisão e suas consequências.

## **2.2 A confiabilidade e a economia de meios na avaliação meteorológica com o uso de SARP**

A utilização de SARP tem sido ampliada nas mais diversas áreas e para a avaliação meteorológica tem também trazido uma nova realidade com o aprimoramento da acuracidade dos dados obtidos, consequentemente a disponibilização de informações torna-se mais precisa. Nas pesquisas realizadas por CORRIGAN *et al.* (2008) sobre a distribuição de aerossóis na atmosfera sobre o Oceano Índico em março de 2006, as comparações aferiram a concordância dos dados coletados pelos métodos tradicionais com os coletados em voo nas camadas mais baixas, mas as coletas em altitude demonstraram que as medições a partir da superfície não representam a realidade das camadas elevadas, atestando a vantagem do uso de uma plataforma aérea como forma de coleta de dados mais fidedigna à realidade.

CORRIGAN *et al.* (2008) e BARBIERI *et al.* (2019) apontam também as vantagens acerca do uso deste tipo de vetor como uma ferramenta de operação rotineira a baixos custos e riscos reduzidos para os pesquisadores e operadores, o que dá o am-

para a aplicação dos SARP nas avaliações meteorológicas como ferramenta economicamente vantajosa para a tomada de decisão antes do início da atividade aérea na AFA. Fazendo um paralelo, Chiang *et al.* (2019), em seus estudos na área de logística, atestam as vantagens de redução de custos, chegando a até 36%, por meio da utilização de SARP para entregas de mercadorias “na última milha”, comprovando suas vantagens de redução de custos nas mais diversas áreas de atuação. Em comparação, as aeronaves de instrução da AFA, o T-25 e o T-27, tem seus custos calculados por hora de voo na ordem de US\$ 450,00 e US\$ 870,00 respectivamente, enquanto que um SARP de propulsão elétrica consome somente energia elétrica para a carga de suas baterias, gerando economia de recursos despendidos para este fim.

Na AFA, sua aplicação se dará por meio da avaliação prévia das condições meteorológicas através das imagens transmitidas em tempo real a uma equipe em solo, com o uso da tecnologia embarcada dos equipamentos disponíveis no mercado, que trazem sensores (câmeras) com resolução em 4K e 5.1K, possibilitando a apresentação da imagem com nitidez suficiente para a percepção das nuances das formações meteorológicas (DJI, 2022). Para sua utilização segura, os SARP trazem soluções avançadas de sensores embarcados que permitem o voo seguro do equipamento, incluindo a função *Return to Home* (RTH), que permite o retorno seguro ao ponto de origem em caso de entrada inadvertida em IMC ou de perda de sinal (DJI, 2022).

Além da tecnologia embarcada, sua utilização está condicionada aos critérios já estabelecidos nas legislações nacionais e internacionais vigentes, como a Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) nº 100-40/2020, na qual estão previstos os critérios de registro, licença e autorização de voo (BRASIL, 2020). Também o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E) nº 94 trata dos requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil, com o estabelecimento das regras de voo e dos requisitos de aeronavegabilidade (BRASIL, 2021). Seguindo tais regras, a utilização dos equipamentos necessários à avaliação meteorológica será feita sem impactos ao tráfego aéreo local e sem risco de danos às pessoas ou propriedades.

### 3 CONCLUSÃO

A instrução aérea realizada na Academia da Força Aérea (AFA) é primordialmente feita sob as regras de voo VFR, mas que necessitam de condições meteorológicas com critérios adicionais ao estabelecido na ICA 100-12/2018 para sua

realização sem afetar a performance e a segurança de voo. A avaliação das condições meteorológicas é realizada *in loco* pelos instrutores, além da consulta às informações provenientes de fontes tradicionais, o que ocasionalmente expõe a aeronave e a tripulação a condições marginais, propícias ao fator *VFR2IMC*.

A utilização de sistemas SARP traz diversas aplicações, conforme destacadas na ICA 100-40/2020. Desta forma, esse Ensaio defende o uso de SARP na AFA em substituição às aeronaves de instrução para otimizar a avaliação das condições meteorológicas.

Foram apontados estudos que confirmam que o fator *VFR2IMC* está presente em grande parte dos acidentes aeronáuticos e que ele traz consequências fatais quando o piloto toma a decisão de prosseguir o voo, propiciando a ocorrência do *CFIT*. Nas pesquisas sobre a ocorrência deste fator, constatou-se a presença primordial do fator humano, pois este persevera no enfrentamento das condições meteorológicas adversas, especialmente por questões pessoais de autoconfiança exacerbada e motivação. A avaliação do perfil dos pilotos que demonstraram esta tendência mostrou similaridade com o perfil dos instrutores da AFA, além do apontamento de ocorrências do mesmo tipo nos últimos seis anos, o que torna necessária a adoção de ações para mitigar este risco.

Pesquisas científicas utilizando sistemas SARP com o escopo na avaliação de condições climáticas e meteorológicas têm sido cada vez mais realizadas ao redor do globo, chegando a resultados mais precisos com a coleta dos dados por meio deste tipo de equipamento, além do uso em outras áreas como a logística, com o dispêndio de menos recursos financeiros o que possibilita o uso rotineiro e de baixo risco aos pesquisadores e operadores. Ademais, o desenvolvimento de sensores e sistemas embarcados têm tornado a utilização dos SARP mais segura, acompanhada da evolução da legislação nacional e internacional acerca das regras para o acesso ao espaço aéreo e para a avaliação de risco das operações específicas, o que aponta a evolução no uso profissional desses sistemas.

A utilização de SARP com esta finalidade pode ser estendida às demais unidades aéreas de instrução do COMAER e às estações meteorológicas de superfície do DECEA, o que se alinha às diretrizes de eficiência e eficácia dos macroprocessos das áreas de Ciência, Tecnologia e Inovação e de Segurança de Voo da Cadeia de Valor do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2018-2027.

## REFERÊNCIAS

ACADEMIA DA FORÇA AÉREA. **Manual de procedimentos do Segundo Esquadrão de Instrução Aérea**. Pirassununga, 2022.

AYIEI, A.; MURRAY, J.; WILD, G. *Visual flight into Instrument Meteorological Condition: A Post Accident Analysis*. **Safety**, v. 6, n. 2, 2020. Disponível em: <https://www-webofscience.ez422.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000551575400003>. Acesso em 14 set. 2022.

BARBIERI, L *et al.* *Intercomparison of Small Unmanned Aircraft System (sUAS) Measurements for Atmospheric Science during the LAPSE-RATE Campaign*. **Sensors**, v. 19, n. 2179, 2019. Disponível em: <https://www-webofscience.ez422.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000469766800223>. Acesso em: 14 set. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Resolução nº 649, de 30 de novembro de 2021. Aprova Emenda nº 02 ao RBAC-E nº 94. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 158 n. 226, p. 90, 02 dez. 2021. Disponível em: [https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94/@@display-file/arquivo\\_norma/RBACE94EMD00.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf). Acesso em 17 out. 2022.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 112/DGCEA, de 22 de maio de 2020. Aprova a reedição da ICA 100-40, Instrução sobre “Aeronaves não tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Rio de Janeiro, n. 095, 02 jun. 2020. Disponível em: <http://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-40>. Acesso em: 26 set 2022.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 204/DGCEA, de 08 de novembro de 2018. Aprova a 2ª modificação da ICA 100-12, Instrução sobre as “Regras do Ar”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Rio de Janeiro, n. 212, 05 dez. 2018. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-12>. Acesso em: 27 set 2022.

CHIANG, W. *et al.* *Impact of drone delivery on sustainability and cost: Realizing the UAV potential through vehicle routing optimization*. **Applied Energy** n. 242 [p.1164–1175], 2019. Disponível em: <https://www-webofscience.ez422.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000470045800087>. Acesso em 02 nov. 2022.

CORRIGAN, C. E. *et al.* *Capturing vertical profiles of aerosols and black carbon over the Indian Ocean using autonomous unmanned aerial vehicles*. **Atmos. Chem. Phys.**, n. 8, [p. 737–747], 2008. Disponível em: <https://www-webofscience.ez422.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000253908300021>. Acesso em: 26 set. 2022.

DJI. **Mavic 3 Manual do Usuário v1.4**. [S. l.], 2022. Disponível em: [https://dl.djicdn.-com/downloads/DJI\\_Mavic\\_3/DJI\\_Mavic\\_3\\_User\\_Manual\\_v1.4\\_br.pdf](https://dl.djicdn.-com/downloads/DJI_Mavic_3/DJI_Mavic_3_User_Manual_v1.4_br.pdf). Acesso em: 10 out. 2022.

HIGGINS, E. T. *Making a good decision: Value from fit*. **American Psychologist**, v. 55, n.11, [p. 1217–1230], 2000. Disponível em: <https://psycnet-apa.ez422.periodicos.capes.gov.br/fulltext/2000-14050-004.html>. Acesso em 29 set. 2022.

WOODS, S. *et al. The Impact of Motivation on Continued VFR into IMC: Another Perspective to an On-Going Problem*. **Collegiate Aviation Review International**, v. 38, n. 2, [p. 51- 66], 2020. Disponível em: <https://www-webofscience.ez422.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000229558000006>. Acesso em: 29 set. 2022.