



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

CLAYTON **WAGNER** MELO GONÇALVES, Cap Esp Met

**A climatologia como ferramenta de apoio na previsão de fenômenos
meteorológicos nocivos à aviação**

Rio de Janeiro

2022

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

CLAYTON **WAGNER** MELO GONÇALVES, Cap Esp Met

**A Climatologia como Ferramenta de Apoio na Previsão de Fenômenos
Meteorológicos Nocivos à Aviação**

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: Segurança de Voo

Orientador: Thiago Dorgilis Ribeiro **Daniel**,
Ten Cel Av

Rio de Janeiro

2022

CLAYTON **WAGNER** MELO GONÇALVES, Cap Esp Met

A Climatologia como Ferramenta de Apoio na Previsão de Fenômenos Meteorológicos Nocivos à Aviação

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

Aprovado por:

Thiago Dorgilis Ribeiro **Daniel**, Ten Cel Av
EAOAR

Carlos **Eduardo** José da Silva, Maj Esp Av
EAOAR

Rio de Janeiro

2022

RESUMO

A climatologia pode ser utilizada para reconhecer padrões de ocorrência de fenômenos atmosféricos que causam impacto às atividades aéreas. O nevoeiro, as rajadas e as cortantes de vento estão entre os mais perigosos para os aeronavegantes e o mapeamento desse fenômenos é de vital importância para a segurança operacional. Dessa forma, o presente ensaio visa defender a tese de que o uso da climatologia propiciará maior precisão como ferramenta de apoio na previsão de fenômenos meteorológicos nocivos à aviação. Os argumentos que sustentam a tese demonstram que a climatologia pode ser utilizada para gerar um modelo objetivo para auxiliar na previsão de nevoeiro, a fim de melhor planejamento de missões militares e também evidencia que a climatologia pode servir de base para traçar um perfil mais detalhado de rajadas e cortantes de vento em aeroportos, permitindo melhoria dos prognósticos deste fenômeno. Nesse contexto, a climatologia deve ser utilizada pelos previsores meteorologistas da força aérea como ferramenta de apoio à previsão, a fim de proporcionar a prestação de um serviço de melhor qualidade e precisão aos pilotos, controladores de tráfego aéreo e funcionários da administração aeroportuária, tendo em vista a prevenção de acidentes aeronáuticos e o planejamento de atividades aéreas mais seguras, além de apoiar as atividades de lançamento de satélites e foguetes do programa espacial brasileiro.

Palavras-chave: Climatologia. Previsão. Ferramenta. Aviação. Nevoeiro. Vento.

1 INTRODUÇÃO

Existem diversos fenômenos meteorológicos que representam ameaças reais para a aviação em geral, elevando significativamente os riscos de acidentes no âmbito dos aeródromos e causando transtornos a todos os elos da aviação, seja em operações de pouso, decolagem, atividades operacionais na pista, além de afetar aeronaves estacionadas e a própria infraestrutura do aeroporto. Entre os fenômenos que mais causam impacto nas operações aéreas, pode-se destacar o nevoeiro, as rajadas de vento superfície e as cortantes de vento, também conhecidas por *Windshear (WS)*.

Dessa forma, o reconhecimento de padrões no comportamento desses fenômenos é de suma importância para os aeronavegantes e o desenvolvimento de métodos auxiliares de previsão tendem a melhorar o índice de acertos destes tipos de fenômenos, apoiando previsores meteorologistas da FAB na prestação de um serviço de maior qualidade através de prognósticos mais assertivos das condições meteorológicas, visando dar suporte contínuo a todo o sistema de controle do espaço aéreo brasileiro (SISCEAB) e, assim, prover maior eficiência do sistema, a prevenção de acidentes aeronáuticos e o planejamento de atividades aéreas mais seguras.

Nesse contexto, e considerando a climatologia um ramo da ciência atmosférica que tem por foco principal estudar padrões climáticos ao longo do tempo, por meio da análise de dados meteorológicos históricos, o presente ensaio visa defender a tese de que o uso da climatologia propiciará maior precisão como ferramenta de apoio na previsão de fenômenos meteorológicos nocivos à aviação.

E para sustentar essa tese será mostrado que a climatologia pode ser utilizada na previsão de nevoeiro através da análise mensal do número de ocorrências e do total de horas deste fenômeno, o que permite a composição de um modelo climatológico para planejamento de missões e treinamentos militares.

Posteriormente, a climatologia será utilizada para traçar um perfil mais detalhado das rajadas e cortantes de vento, o que permite aos previsores meteorologistas a identificação de parâmetros e condições críticas destes fenômenos para as atividades aéreas, propiciando melhoria dos prognósticos e assessoramento mais assertivo a pilotos, controladores de tráfego aéreo e administração aeroportuária.

2 A CLIMATOLOGIA COMO FERRAMENTA DE APOIO À PREVISÃO

De acordo com Ayoade:

A climatologia trata dos padrões de comportamento da atmosfera, verificados durante um longo período de tempo, Ela está mais preocupada com os resultados dos processos atuantes na atmosfera do que com suas operações instantâneas. (AYOADE, 1996, p. 3).

Desse modo, percebe-se que a climatologia é capaz de estabelecer uma análise baseada em dados meteorológicos históricos e consistentes, de modo a apoiar diversas áreas da meteorologia geral. E a meteorologia aeronáutica está inserida nesse escopo de atuação da climatologia.

2.1 Planejamento de missões, exercícios e treinamentos militares

Uma das características mais marcantes da climatologia é poder dar suporte aos meteorologistas, a fim de permitir uma análise de dados mais minuciosa dos fenômenos atmosféricos, de acordo com o campo de aplicação a ser utilizado. Com isso, o estudo dos fenômenos meteorológicos que impactam a aviação se torna fundamental para proporcionar voos mais seguros e eficientes. Nesse contexto, o nevoeiro se apresenta como um dos principais fenômenos, exercendo forte influência nas atividades aeronáuticas e afetando operações de pouso e decolagens nos diversos aeródromos do país, por longos períodos de tempo.

Conforme Varejão (2005), o nevoeiro pode ser definido, de forma objetiva, como gotículas de água suspensas na camada atmosférica próxima da superfície terrestre, restringindo a visibilidade horizontal a valores menores que 1km. Corroborando ainda com esse ponto de vista, Gultepe et al. (2007) afirma que a presença de gotículas e/ou cristais de gelo em suspensão em níveis baixos da atmosfera reduz a visibilidade horizontal próximo à superfície, tornando quase impossível a identificação de um objeto distante de um observador.

Como pode ser observado, este fenômeno tem grande capacidade de restringir perigosamente as condições de visibilidade horizontal das pistas de aeroportos e a climatologia pode fornecer os dados e parâmetros necessários para auxiliar na previsão deste fenômeno, subsidiando a composição de um modelo

objetivo de previsão do tempo. Um modelo climatológico pode ser implementado com base no comportamento temporal padronizado de ocorrência do fenômeno.

Como forma de exemplificação, pode-se citar a pesquisa realizada por França (2008) para os aeroportos Afonso Pena (Curitiba-PR), Guarulhos-SP e Salgado Filho (Porto Alegre-SP), todos subordinados operacionalmente ao DECEA. Este estudo mostra que, ao analisar o número de ocorrências de nevoeiro para os três aeroportos, a grande maioria foi registrada entre os meses de abril e agosto. Os resultados apresentados por França (2008) demonstram que Curitiba teve aproximadamente 68% de ocorrências mensais acumuladas, com concentração de 92% de ocorrências horárias acumuladas entre 00Z¹ e 12Z. Guarulhos teve aproximadamente 79% de ocorrências mensais acumuladas, com concentração de 91% de ocorrências horárias acumuladas entre 02Z e 09Z. E Porto Alegre teve aproximadamente 84% de ocorrências mensais acumuladas, com concentração de 94% de ocorrências horárias acumuladas entre 01Z e 10Z. Os dados apresentados evidenciam os horários de maior degradação meteorológica, devido restrição de visibilidade nos aeroportos do estudo, confirmando que os dados climatológicos considerados podem ser utilizados no modelo de previsão.

Outro estudo que confirma um padrão temporal de ocorrências de nevoeiro foi demonstrado por Colabone, Vecchia e Ferrari (2012), que analisou dados climatológicos de vento para um período de 20 anos no aeródromo da Academia da Força Aérea (AFA), indicando que 67% das ocorrências foram registradas nos meses de abril, maio, junho e julho, com predominância em maio e junho. As menores frequências ocorreram nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro, com um total de 9,5%.

Sendo assim, nota-se que a climatologia da ocorrência de nevoeiro se mostra consistente para ser utilizada como modelo objetivo de previsão meteorológica, apontando os meses e horários mais suscetíveis à ocorrência do fenômeno, o que auxilia militares de apoio e aeronavegantes no melhor planejamento de missões, exercícios e treinamentos militares. Além disso, um modelo climatológico dessa natureza pode apoiar fundamentalmente atividades sensíveis às condições atmosféricas adversas, indicando a melhor época do ano para sua execução. As inspeções do Grupo Especial de Inspeção em Voo (GEIV) são exemplos de atividades que dependem muito das condições atmosféricas.

¹Hora do Meridiano de Greenwich (Greenwich Meridian Time - GMT), hora Z ou hora zulu.

2.2 Prognósticos mais assertivos em apoio às operações aéreas

Considerando que cada fenômeno meteorológico pode acarretar diferentes riscos à aviação, pode-se afirmar que a rajada e a cortante de vento, também conhecido por *Windshear*, estão entre os mais nocivos às atividades aéreas, visto que são responsáveis por inúmeros transtornos aos elos da aviação, seja em procedimentos de pouso, decolagem, aproximação ou mesmo ocasionando danos materiais nas aeronaves estacionadas e na infraestrutura aeroportuária.

Diante disso, pode-se dizer que as rajadas de vento são caracterizadas pela súbita variação na intensidade do vento e conforme afirma Romão e Setzer (2005), esse fenômeno atua predominantemente em baixos níveis da atmosfera, durante os procedimentos de pouso e decolagem, causando transtornos a aeronaves e impactando fortemente na sustentação das aeronaves. Convém ressaltar, que esse comportamento do vento, próximo da superfície terrestre, exerce efeito direto nas instalações dos aeroportos, podendo atingir aeronaves em solo, hangares das companhias aéreas e a própria edificação do aeródromo.

A fim de demonstrar um perfil de comportamento das rajadas, nota-se no estudo apresentado por Lima (2008) que 55,6% das rajadas registradas no aeroporto de Guarulhos ocorreram entre os meses de novembro e março, evidenciando boa correlação do fenômeno com os meses mais quentes, final da primavera e verão. Adicionalmente, o estudo mostra que uma quantidade acentuada das rajadas ocorre no período da tarde, com 58,4% dos registros realizados entre 15Z e 20Z. Esse intervalo de ocorrência corresponde ao período de máximas temperaturas do dia, ratificando a relação entre o aquecimento da atmosfera e a ocorrência de rajadas.

De maneira análoga, as cortantes de vento representam risco considerável para a aviação. Também conhecido por *Windshear*, Silva (2016) aponta que o fenômeno é definido como um tipo de turbulência, à baixa altura, que afeta as operações de pouso e decolagem das aeronaves, devido a uma variação local na direção e/ou na velocidade do vento em determinada distância. Para fins aeronáuticos, pode-se considerar que a faixa de altitude de atuação do WS ocorre entre a superfície e o 1600ft (aproximadamente 500m de altura), fase crítica das aeronaves em procedimentos de pouso e/ou decolagem (ICAO, 2005).

Ao analisar os dados do aeroporto de Guarulhos, Silva (2016) mostrou em seu estudo que mais de 89,83% das ocorrências de WS foram registradas nos

primeiros 100m de altura, indicando uma forte correlação do fenômeno com as baixas altitudes, o que estabelece um parâmetro crítico a ser considerado na melhoria dos prognósticos meteorológicos. Outro dado importante mencionado pelo autor indica que mais de 86,24% das ocorrências de WS é de intensidade moderada. Essas observações são de vital importância ao utilizar a climatologia como ferramenta de apoio, pois fica evidente sua capacidade de mensurar aspectos relacionados à altitude e intensidade do WS, auxiliando pilotos na tomada de decisão em momentos críticos de voo.

Nesse contexto, a climatologia claramente pode ser apresentada como ferramenta auxiliar para os meteorologistas da FAB, vislumbrando mapear e identificar possíveis parâmetros associados às rajadas e cortantes de vento que nos permitam elaborar prognósticos mais confiáveis, melhorar o índice de acertos dos profissionais e propiciar um assessoramento mais assertivo a pilotos, controladores de tráfego aéreo e administração aeroportuária. Essa melhoria nos prognósticos afeta positivamente a segurança de operações de pouso e decolagem, além de proporcionar melhor planejamento gerencial e operacional dos aeroportos, a fim de prevenir danos materiais em edificações e aeronaves estacionadas em solo.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A climatologia tem se mostrado uma ferramenta consistente na análise de condições atmosféricas adversas relacionadas com a formação de nevoeiro, podendo ser utilizada como modelo de previsão objetivo deste fenômeno. Esse modelo climatológico auxilia na preparação e planejamento de missões militares de médio e longo prazo, além de dar suporte a atividades militares sensíveis às condições do tempo, como por exemplo as inspeções do GEIV, que ocorrem sob condições meteorológicas visuais.

Adicionalmente, é possível usar a climatologia para caracterizar e identificar parâmetros críticos na ocorrência de rajadas de vento e *Windshear*, fenômenos perigosos às atividades aéreas e à infraestrutura aeroportuária. Essa abordagem permite mapear características intrínsecas do vento, de acordo com a necessidade operacional do local.

Sendo assim, o presente ensaio defendeu a tese de que o uso da climatologia pelos previsores da FAB propiciará maior precisão como ferramenta de apoio na previsão de fenômenos meteorológicos nocivos à aviação.

Diante do exposto, fica evidente que a climatologia deve ser utilizada pelos meteorologistas da força aérea como ferramenta de apoio à previsão, a fim de proporcionar a prestação de um serviço de melhor qualidade e precisão aos pilotos, controladores de tráfego aéreo e funcionários da administração aeroportuária, tendo em vista a prevenção de acidentes aeronáuticos e o planejamento de atividades aéreas mais seguras. Ademais, a climatologia pode ser utilizada para apoiar as atividades de lançamento de satélites e foguetes do programa espacial brasileiro (PEB), gerenciado pelo Centro de Lançamento de Alcântara (CLA).

REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p.

COLABONE, R. O.; VECCHIA, F.; FERRARI, A. L. Incidência de nevoeiro no aeródromo da academia da força aérea, Pirassununga/sp - análise das ocorrências. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 10, 60-68, 2012.

FRANÇA, V. D. J. **Avaliação da metodologia de previsão de nevoeiro e visibilidade horizontal**. Dissertação de mestrado em Meteorologia, São José dos Campos, INPE, 2008.

GULTEPE, I. et al., **Fog Research: a review of past achievements and future perspectives**. Pure appl. Geophys. 164, 1121–1159, 2007.

ICAO. **On low-level wind shear**, Doc 9817 AN/449, First edition, 2005.

LIMA, R. S. **Correlação de vento de rajadas com variáveis de superfície**, São José dos Campos, ICEA, 2008.

ROMÃO, M.; SETZER, A. **Vento noroeste**. Centro de Previsão e Estudos Climáticos. São José dos Campos, INPE, 2005.

SILVA, H. A. J. S. **Análise das ocorrências de cisalhamento de vento no aeroporto de Guarulhos (sp) para a prevenção de acidentes aeronáuticos**, São Paulo, USP, 2016.

VAREJÃO, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília: INMET, Gráfica e Editora Pax, 2005. 2ª Edição.