

VARIABILIDADE DA COBERTURA DE NUVENS REGISTRADA PELA INSPEÇÃO VISUAL NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE SUPERFÍCIE DO GALEÃO (SBGL)

José Avanir de Nogueira Machado Filho¹
Roberto Tadeu de Araujo¹
Marcos Luiz de Andrade Pinto¹
Marcelo Augusto Damaceno¹
Cléber Souza Corrêa¹

RESUMO - Este trabalho apresenta a variabilidade quinzenal das nuvens no aeroporto do Galeão, cidade do Rio de Janeiro - RJ. Para isso, foram usados dados convencionais de nuvens da Estação Meteorológica de Superfície (EMS), no período de 1998 a 2004, registrados em formulários próprios, arquivados na Subdivisão de Climatologia Aeronáutica (PCA) do Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), em São José dos Campos - SP. Da análise destes dados, pôde-se observar que as quinzenas que apresentaram melhores condições de nebulosidade, para uso de sensores remotos aerotransportados para imageamento da superfície terrestre, foram a segunda quinzena de agosto e a primeira quinzena de setembro. Além disso, verificou-se que o melhor período para realização de um grande número de operações aéreas, considerando-se apenas a influência da nebulosidade, foram os meses de março e abril.

ABSTRACT - This work aims to present the two-week period variation of the cloud cover over the Galeão Airport at Rio de Janeiro city (RJ). It was used the conventional data of the clouds observed above the Surface Meteorology Station (SMS), in the period 1998 until 2004. The data was recorded in forms (worksheets) and stored in Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), in São Jose dos Campos (SP). From the data analysis, it was observed that the best cloud cover conditions for airborne remote sensing of earth surface are the second half of August and the first half of September. We concluded that the best period for the development of air based operations, considering only the cloud cover variability, is the period of March to April.

Palavras-chave - Nuvens, Sensoriamento Remoto, Aviação.

INTRODUÇÃO

As nuvens são indicadores do grau de estabilidade da atmosfera local, ou seja, do que a atmosfera está realizando, pela evidência visível do movimento atmosférico e pelo conteúdo de umidade (RIEHL, 1965; ANTAS; ALCÂNTARA, 1969). Dados de nuvens são registrados estimando-se visualmente a quantidade, a altura, e o tipo. A quantidade de nuvens, ou nebulosidade, é especificada pela parcela do céu coberto por qualquer tipo de nuvem. A nebulosidade varia com a estação do ano e o local de observação, havendo variações diurnas e sazonais (AYOADE, 1983).

As nuvens desempenham papel de grande importância sob o ponto de vista climático e observacional. Além de atuarem como fonte de precipitação, são moduladoras de radiação solar na

¹ INSTITUTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO – Subdivisão de Climatologia Aeronáutica
Praça Marechal do Ar Eduardo Gomes, 50 – CTA - 12228-950 – São José dos Campos – SP
E-mail: estudosclimatologicos@icea.gov.br

região do visível (0,39 – 0,77 μ m) do espectro eletromagnético. As nuvens funcionam, ainda, como agentes que aprisionam a radiação infravermelha emitida pela superfície da terra e pela atmosfera. O efeito combinado de retenção-reflexão-transmissão da radiação solar realizada pelas nuvens é conhecido como forçante das nuvens (do inglês *cloud-forcing*) (SELLERS; ROBSINSON, 1996; SOUZA-ECHER *et al*, 2005). O mapeamento das nuvens pode ser realizado tanto através da inspeção visual, estimativas à superfície feitas por operadores técnicos, quanto por emprego de análises espaço-temporal de imagens de satélites meteorológicos (SOUZA-ECHER *et al*, 2005; CEBALLOS; BOTINO, 2000; MEERKÖTTER *et al*, 2004).

Dados sobre a cobertura de nuvens e sua variabilidade podem ser usados no emprego de modelos de transferência radiativa; em estudos sobre a dinâmica, a física e química da atmosfera, bem como em previsões climáticas. Nestas últimas, a informação sobre a cobertura de nuvens obtida em superfície é de extrema importância para a avaliação das respostas de saída dos modelos climáticos, quanto à cobertura de nuvens (MADRUGA *et al*, 2003; MARTINS *et al*, 2004; SOUZA-ECHER *et al*, 2005; 2006).

A observação de nuvens e a estimativa ou medida da altura das suas bases acima da superfície da terra é importante para diversas atividades humanas. Em relação às aplicações operacionais relativas aos transportes aeronáuticos, o conhecimento das condições meteorológicas dominantes nos aeródromos de partida, destino e alternativas são imprescindíveis para a realização, ou não, do voo. Neste caso, parâmetros como os de altura da base e quantidade de nuvens são fundamentais para garantir a segurança nos procedimentos de pouso e decolagem, realizados em aeroportos. Atualmente, no Brasil, esses parâmetros são estimados por observadores meteorológicos, nas Estações Meteorológicas Superfícies (EMS) localizadas nos aeroportos. A Organização Internacional de Aviação Civil (OACI) vem incentivando seus países membros a realizarem testes operacionais, visando à automação das informações meteorológicas geradas nas EMS dos aeroportos. Neste contexto, foi realizado um estudo, em alguns aeroportos no Canadá, comparando dados obtidos através do sistema automatizado de observação meteorológica com registros meteorológicos feitos por observadores humanos, visando avaliar a performance do primeiro. Assim, os resultados mostraram que a difusão automatizada da temperatura do ar e do ponto de orvalho, da velocidade e direção do vento à superfície e da pressão atmosférica satisfazem os requisitos da aviação, no entanto, variáveis como visibilidade e nebulosidade comprometem a informação operacional do referido sistema (MAYNARD, 2004).

Este trabalho tem por objetivo apresentar a variabilidade quinzenal dos dados de total e tipo de nuvens, e das alturas das bases das nuvens baixas, registrados na EMS do aeródromo do Galeão, entre os anos de 1998 e 2004, visando auxiliar no planejamento das operações aéreas realizadas na área que compreende o referido aeródromo e fomentar estudos aplicados, como, por exemplo,

aqueles relativos à Sensoriamento Remoto, ou àqueles que envolvam modelos físicos de transferência radiativa.

ÁREA DE ESTUDO

A área escolhida foi a do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro/Galeão - Antônio Carlos Jobim, localizada na Ilha do Governador, município do Rio de Janeiro - RJ, nas coordenadas 22°48'36" S e 043°15'02" W, referentes às pistas do aeródromo (BRASIL, 2005). O clima da região, segundo KÖPPEN é do tipo Aw, tropical, com inverno seco (VIANELLO; ALVES, 1991). Seu relevo é composto por maciços costeiros, serras orientadas e apresenta também blocos falhados, basculados para o Norte, cujas encostas convexas expõem diáclases curvas. Esta região apresenta vegetação composta de pastagens, vegetação secundária sem palmeiras e área de formação de pioneiras de influência fluvio marinha arbórea. (BRASIL, 1983)

MATERIAIS E MÉTODO

Para este trabalho foram utilizados dados do total, quantidade e altura das nuvens, registrados em formulários próprios na Estação Meteorológica de Superfície do Aeroporto do Galeão (EMS-GL), no período de 1998 a 2004. O horário de funcionamento da EMS-GL é das 00:00h às 23:00h local, sendo realizada uma observação meteorológica a cada hora. Foram utilizados apenas os registros das 06:00h às 18:00h, visando garantir melhores condições de iluminação natural.

Quanto ao tipo, as nuvens podem ser registradas, considerando a altura da base estimada, como nuvens *stratus*, *stratocumulus*, *cumulus*, *cumulunimbus* (nuvens baixas); *nimbustratus*, *altostratus*, *altocumulus* (nuvens médias); *cirrus*, *cirrucumulos* e *cirrustratus* (nuvens altas). O total de nuvens e a quantidade de cada tipo são registrados em oitavos de inteiro; e estimativas das alturas foram registradas em decâmetros.

Para análises, neste trabalho, os dados sobre a cobertura de nuvens foram agrupados em percentuais quinzenais da seguinte forma: ocorrência de cada tipo de nuvem; registros de alturas para cada tipo de nuvem baixa; e intervalos de cobertura total de nuvens.

O agrupamento de dados por quinzenas seguiu a metodologia adotada por Nechet (1996) e Nogueira-Filho et al (2002), visando verificar possíveis variações ocorridas num período inferior ao mensal.

ANÁLISES DOS RESULTADOS OBTIDOS

Na área do aeródromo do Galeão, as quinzenas com maior número de registros de total de cobertura de nuvens inferiores a 2/8 foram a segunda quinzena de agosto e a primeira de setembro (Figuras 1), período de estiagem na região. Neste caso, em mais de 23% das observações registrou-se céu claro, indicando o referido período como o melhor para uso de sensores remotos aerotransportados para imageamento da superfície terrestres na faixa do espectro eletromagnético óptico. Os resultados, referentes aos registros de tipos de nuvens, demonstraram, em geral, que não houve número significativo de registro das nuvens dos tipos *nimbostratus* e *cirrustratus*. No caso específico dos registros das nuvens baixas, pode-se verificar que: em todas as quinzenas o percentual de observações em que foram registradas nuvens *stratocumulus* foi alto, oscilando entre 40% e 75%, enquanto que os percentuais de ocorrência das nuvens *stratus* foram baixos, da ordem de 6% das observações, e oscilaram pouco ao longo do ano; o percentual do número de observações meteorológicas com registro de nuvens *cumulus* variou entre 30% na segunda quinzena de janeiro e 3,2% dos registros na segunda quinzena de julho; e por último o percentual de registros das nuvens dos tipos *cumulus* em forma de torre (TCU) e *cumulunimbus* (Cb) foram maiores na segunda quinzena de janeiro (Figura 2), e na segunda quinzena de fevereiro, sendo que no período da segunda quinzena de junho não ocorreram registros da nuvem Cb.

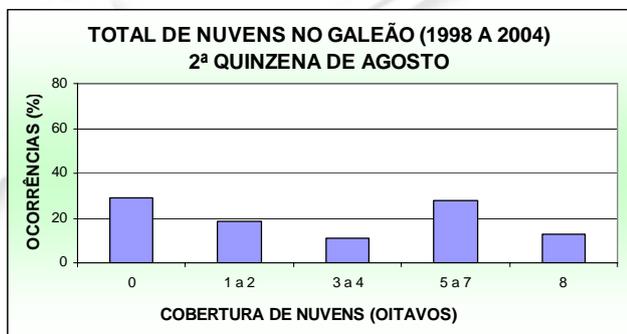


Figura 1. Total da cobertura de nuvens (oitavos).

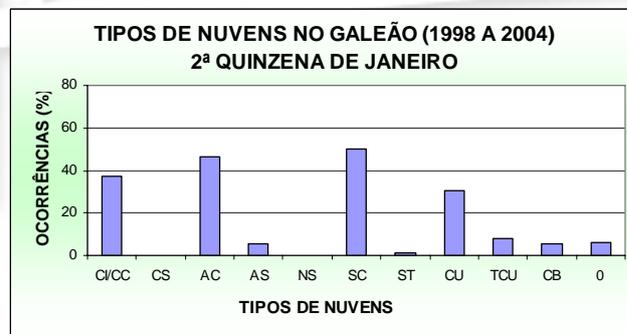


Figura 2. Frequência de tipo de nuvens..

Em relação aos registros das alturas das bases das nuvens baixas, pode-se afirmar que as referidas alturas oscilaram entre 30 e 900 metros, sendo que a faixa entre 330 e 750 metros foi aquela em que se verificou maior número de registros, nas quinzenas de janeiro a abril, na segunda quinzena de novembro e primeira quinzena de dezembro (Figuras 3), enquanto que para faixa entre 180 e 600 foram observados maiores percentuais de registros da primeira quinzena de julho a primeira quinzena de novembro. Correlacionando as informações de registros de total de acima de 4/8 com as de altura da base abaixo de 450m, pode-se observar que o melhor período para realização de um grande número das operações aéreas no aeródromo em tela é o das quinzenas de

março e de abril, com menos de 4% de ocorrências. Além disso, no mesmo período, os poucos registros concentraram-se entre às 06:00h e 10:00h local (Figura 4).

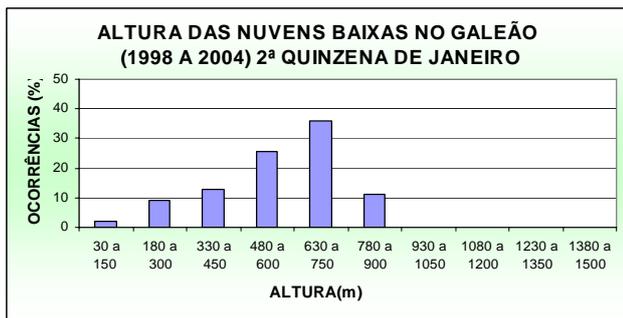


Figura 3. Alturas das nuvens baixas.

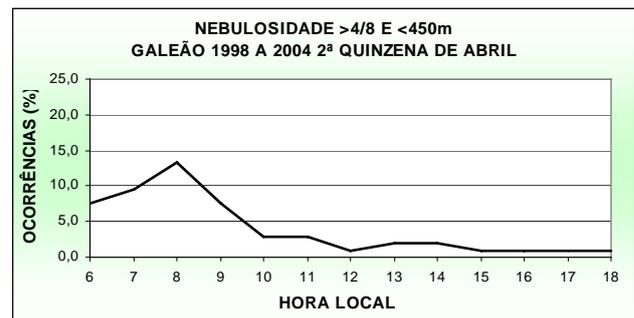


Figura 4. Ocorrência horária de total de nuvens acima de 4/8 com altura da base abaixo de 450m.

CONCLUSÃO

Neste trabalho, que teve como objetivo apresentar a variabilidade quinzenal dos dados de total e tipo de nuvens, e de altura das bases das nuvens baixas na área do aeródromo do Galeão, pode-se observar que a segunda quinzena de agosto e a primeira quinzena de setembro foi o período em que foram registrados o maior número de observações com céu claro, indicando ser o melhor para uso de sensores remotos aerotransportados para imageamento da superfície terrestre, naquela região, na faixa do espectro eletromagnético óptico. Além disso, pode-se observar que não houve registro significativo de ocorrência das nuvens do tipo *cirrustratus* e *nimbustratus*; que o percentual de ocorrência da nuvem do tipo *cumulus* variou entre 30%, na segunda quinzena de janeiro, e de 3,2%, na segunda quinzena de julho; e que os registros de altura da base das nuvens baixas oscilou entre 30 e 900m, com variações sazonais entre as faixas de 330 a 780m e de 180 a 600m. Finalmente, verificou-se que o melhor período para realização de um grande número das operações aéreas no aeródromo em tela foi o das quinzenas de março e de abril. Ressalta-se a importância de se dar continuidade aos estudos sobre registros convencionais de parâmetros de nuvens obtidos em EMS localizadas em aeródromos utilizando-se séries históricas para aplicações diversas.

AGRADECIMENTOS – À Dra. Mariza Pereira de Souza Echer, CPTEC/INPE, pelas reflexões críticas, sugestões e material bibliográfico gentilmente, oferecidos, que foram importantes para a conclusão deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTAS, L. M.; ALCÂNTARA, F. **Manual de Meteorologia para aeronavegantes**. MMA-DR-105-3, Brasil: Aliança para o progresso, 1969. 185p.
- AYOADE, J.O. **Introdução à meteorologia para os trópicos**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2002. 332p.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **ROTAER** - manual auxiliar de rotas aéreas. 3. ed., Rio de Janeiro, 2005.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL: SF.23/24**. Rio de Janeiro / Vitória. Geologia, geomorfologia, pedologia vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1983. 780p., il., 6 mapas. (Levantamento de recursos naturais, v. 32).
- CEBALLOS, J.C.; BOTTINO, M.J. Improved solar radiation assessment by satellite using cloud classification. In: INTERNATIONAL RADIATION SYMPOSIUM, 2000, São Petersburg. **Proceedings...** Virginia: A. Deepak Publishing, 2001, p. 60-63.
- MADRUGA, J.A.; SOUZA, M.P.; PEREIRA. Avaliação da influência da cobertura efetiva de nuvens na concentração de biomassa no Oceano Atlântico Sul utilizando dados de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1587-1590.
- MARTINS, F.R.; PEREIRA, E.B.; SOUZA-ECHER, M.P. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geoestacionário - o Projeto Swera. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v.26, n. 2, p. 145 - 159, (2004).
- MAYNARD, B. La experiencia demuestra que el AWOS logra resultados comparables a la observación humana. **Revista de Organización de Aviación Civil Internacional**. v. 59, n. 4, p. 11-13, 2004.
- MEERKÖTTER, R.; *et al.* A 14-year european cloud climatology from NOAA/AVHRR data in compaison to surface observations. **Geophysical Research Letters**, vol. 31, p. L15103, doi: 10.1029/2004GL020098, 2004.
- NECHET, D. Variabilidade diurna de precipitação e de trovoadas em São Luís – MA. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 9., 1986, Campos do Jordão. **Anais...** Rio de Janeiro, SBMET, 1996a. V. 1, p. 172-176.
- NOGUEIRA-FILHO, J.A.M.; PNTO, M.L.A.; ARAUJO, R.T. Variabilidade diurna de trovoadas no aeródromo internacional de São Paulo - Guarulhos - 1985 a 1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Jaboticabal: Fábrica da Palavra, 2002. p. 345-347. 1 CD-ROM.
- RIEHL, H. **Meteorologia Tropical**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1965. 426p.
- SELLERS, A.H.; ROBINSON, P.J. **Contemporary Climatology**. England: Library of Congress, 1986. 439p.
- SOUZA ECHER, M. P.; PEREIRA, E. B.; MANTELLI NETO, S. L; PEREIRA, T.; SOUZA, R. V G.; COLLE, S. Desenvolvimento de um Sistema de Superfície para Mapeamento Automático da Fração de Cobertura de Nuvens. **Revista de Física Aplicada e Instrumentação**, vol. 18, n. 1, p. 10-12, Março, 2005
- SOUZA-ECHER, M.P.; PEREIRA, E.B. BINS, L. S.; ANDRADE, M.A.R. A simple method for the assessment of the clouds cover state in high-latitude regions by a ground-based digital camera. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology** vol. 23, p. 437-447, março 2006.
- VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 1991.