

# METEOROLOGIA AEROESPACIAL NO INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO (IAE)

Antônio Paulo de Queiroz<sup>1</sup>, Cleber Souza Correa<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Instituto de Aeronáutica e Espaço, São José dos Campos, Brasil

email: <sup>1</sup>queirozapq@iae.cta.br, <sup>2</sup>clebercsc@iae.cta.br

## RESUMO

O Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) possui uma Divisão responsável pelas atividades de Meteorologia Aeroespacial. Compete a Divisão de Ciências Atmosféricas realizar pesquisas, o desenvolvimento e a inovação tecnológica em Meteorologia Aeroespacial, voltados para os interesses operacionais do IAE e do Comando da Aeronáutica (COMAER). A Meteorologia Aeroespacial congrega os processos físicos envolvidos nos fenômenos que atuam espacialmente na escala local e regional. Estes fenômenos têm relação direta com o projeto, o desenvolvimento e segurança das operações com veículos espaciais, tais como a dispersão de gases tóxicos, a ocorrência de descargas atmosféricas, a previsão da ocorrência de precipitação, ventos fortes e relâmpagos no local onde estejam ocorrendo missões com os foguetes, ou seja, principalmente na Usina Coronel Abner (UCA) em São José dos Campos - SP, no Centro de Lançamentos de Alcântara (CLA) em Alcântara - MA e no Centro de Lançamento de Barreira do Inferno (CLBI) em Parnamirim - RN. Este trabalho descreve quais são os principais instrumentos/equipamentos meteorológicos disponíveis aos meteorologistas, para prestar o apoio meteorológico necessário durante as campanhas de lançamento dos veículos espaciais.

Palavras Chaves: apoio meteorológico, veículos espaciais, centros de lançamento.

### 1. Introdução

O termo “Meteorologia Aeroespacial” foi empregado pela primeira vez em março de 1966, na Sexagésima Conferência de Meteorologia Aplicada, sendo realizada em Los Angeles nos Estados Unidos. Este termo abrange todas as atividades relacionadas às ciências ambientais e atmosféricas, com impactos nas operações de lançamentos de veículos espaciais (foguetes de sondagem e/ou lançadores de satélites) (VAUGHAN e JOHNSON, 2011).

No Brasil, a instituição de pesquisa responsável pelo desenvolvimento e fabricação de veículos espaciais é o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) que é subordinado ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), sendo esta uma Organização Militar da Força Aérea Brasileira. A Divisão de Ciências Atmosféricas (ACA), pertencente ao IAE, e tem por objetivo realizar pesquisas, desenvolvimento e inovação tecnológica em Meteorologia Aeroespacial, voltados para os interesses do Comando da Aeronáutica.

A Meteorologia Aeroespacial analisa e estuda os fenômenos meteorológicos que têm atuação direta com o projeto, o desenvolvimento e segurança das operações com veículos espaciais. As condições meteorológicas são fundamentais em todas as etapas de operação para o lançamento de foguetes. Podem-se destacar as condições climatológicas para a etapa inicial de planejamento da missão, o acompanhamento das condições meteorológicas que podem danificar a estrutura do veículo nas etapas de montagem/integração do foguete, a previsão e observação dos ventos na atmosfera e a cobertura de nuvens para a etapa do rastreamento e trajetória do foguete e, por fim, outras atividades de pós-lançamento, com o impacto das condições meteorológicas na dispersão de gases dos foguetes e condições do estado do mar, que são importantes no resgate da carga útil (CARUZZO et al, 2014).

Os foguetes de sondagens e veículos lançadores de satélite são desenvolvidos no IAE/DCTA, com a realização de testes na Usina Coronel Abner (UCA) em São José dos Campos e são lançados no Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI) em Parnamirim-RN e no Centro de Lançamento de Alcântara-MA, conforme mostrado nas figuras 1 e 2.



Figura 1 – Centros de Lançamentos em Parnamirim-RN (esquerda) e Alcântara-MA (direita)  
(Fonte: website do CLBI e CLA)



Figura 2 – Teste de queima na UCA (Fonte: website do CLA)

## 2. Instrumentação meteorológica dos Centros de Lançamento

O CLBI possui uma Subseção de Meteorologia, subordinada a Seção de Segurança de Voo, composto de uma estação automática de superfície e uma torre anemométrica de 42 m. Também foi instalado um sensor de descargas elétricas modelo TSS-928 (*Thunderstorm Sensor* da Vaisala), que monitora as descargas dentro de um raio de cobertura de 50 km. Em 2015 esse Centro pioneiro completa 55 anos de atividades aeroespaciais e, devido ao crescimento da área urbana nas proximidades do Centro, a sua utilização hoje é somente para o lançamento de foguetes de sondagens de pequeno porte.

O CLA possui uma Seção de Meteorologia (SMT) que é responsável pela coleta e armazenamento de dados meteorológicos que serve para apoiar as atividades de pesquisa e monitoramento das condições meteorológicas, durante os lançamentos de veículos espaciais. O maior foguete brasileiro lançado no CLA é o Veículo Lançador de Satélites (VLS) com 19,7 m de altura e capacidade para transportar satélites de 380 kg (órbita de 750 km). Este foguete ainda está em fase de qualificação. O CLA é constituído por 3 estações meteorológicas: de superfície, de ar superior e de radar meteorológico. Possui uma equipe de técnicos meteorologistas que trabalham em regime de H24 na coleta e registros de dados a cada hora. Durante as Operações de Lançamento, o efetivo da SMT é acrescido de pelo menos um técnico e um previsor meteorologista da ACA. O técnico é responsável pela calibração e instalação de equipamentos meteorológicos, além de realizar as radiossondagens nos horários pré-determinados. O meteorologista realiza o monitoramento e previsão meteorológica, utilizando todos os recursos disponíveis. Dentre os recursos a disposição do meteorologista, pode-se destacar os instrumentos/equipamentos descritos a seguir.

### a) Radar meteorológico Doppler, banda X de dupla-polarização

Fabricado pela *Enterprise Electronics Corporation (EEC)* é utilizado para o monitoramento da chuva dentro de um raio de cobertura de 120 km. Pode-se calcular a velocidade (por meio do efeito Doppler) e tipo dos hidrometeoros (através do processamento do retorno do sinal com polarização vertical e horizontal), onde são identificadas as células de tempestades mais severas. Além disso, por meio de *softwares* de rastreamento, consegue estimar para onde as células estão se deslocando, sendo de grande utilidade para a previsão de tempo de curto prazo (*nowcasting*). Em caso de inoperância do radar banda X de Alcântara, o meteorologista no CLA pode utilizar o Posto de Visualização Remota (PVR) que recebe dados do radar meteorológico de São Luis – MA. Este equipamento possibilita a visualização dos dados do radar meteorológico Doppler banda S de São Luís - MA, pertencente ao Departamento de Controle do

Espaço Aéreo (DECEA). Possui uma área de cobertura de 400 km de raio, porém com menor resolução espacial que o radar meteorológico de Alcântara (QUEIROZ, 2009).

#### b) Torre Anemométrica (TA)

Possui uma altura de 72 m, está instalada na área do Setor de Preparação e Lançamento (SPL) próxima a zona de lançamentos dos veículos espaciais. Coleta e armazena os dados de direção e velocidade do vento em 6 níveis de altura (6; 10; 16,3; 28,5; 43 e 70 m) (CORREA e FISCH, 1998). A figura 3 mostra detalhes da TA com os anemômetros tipo aerovane utilizados para obtenção dos dados de vento.



Figura 3 – Torre anemométrica do CLA.

Os dados de vento são transmitidos ao SMT via fibra ótica, onde são processados e visualizados por meio de gráficos, com informações estatísticas (valores médios, desvio-padrão, valor máximo, etc) armazenadas e calculadas para cada intervalo de 10 minutos, para cada nível de altura da TA. Estas informações são importantes para a Segurança de Voo (SVO), pois são utilizadas no cálculo da trajetória do foguete e, além disso, para assegurar que não foram excedidos os valores críticos utilizados no projeto e desenvolvimento dos veículos. Portanto, para uma tomada de decisão do lançamento do foguete (GO/NO GO), pela SVO, é necessário informações contínuas da direção e velocidade dos ventos (perfis médios e rajadas) (PALMÉRIO, 2002).

#### c) Perfilador de Vento (PV)

Fornecer dados de direção e velocidade do vento no perfil de 1500 a 6000 m de altura numa frequência de 10 minutos. O conjunto consiste em 144 antenas que operam em frequências de VHF, variando entre 46 e 68 MHz. Seu funcionamento se baseia no princípio de um radar Doppler com apontamento vertical. Em operação desde o segundo semestre de 2012, trata-se do primeiro PV em uso contínuo na América do Sul. A figura 4 mostra a disposição das antenas do PV instalado em Alcântara (QUINSAN JR. et al, 2014).



Figura 4 – Perfilador de Vento.

#### d) Equipamento de Radiossondagem DIGICORA III

Coleta os dados meteorológicos do ar superior (pressão, temperatura do ar, umidade relativa), a partir de lançamentos de radiossondas por meio de balões inflados com gás hidrogênio (figura 5, esquerda). Com o rastreamento da radiossonda, utilizando-se do Sistema de Posicionamento Global (GPS) são obtidas a direção e velocidade do vento para diferentes níveis de altura. Uma radiossondagem típica pode alcançar cerca de 25-30 km de altitude. O lançamento é realizado às 12:00 UTC. Estas sondagens diárias são armazenadas no banco de dados do CLA e, posteriormente, podem ser utilizadas para estudos climatológicos de ar superior (COUTINHO e FISCH, 2004). É o equipamento que obtém os dados para as altitudes mais altas da atmosfera, que está a disposição do previsor meteorologista em missão no CLA.

Assim sendo, durante a campanha de lançamento são realizadas várias radiossondagens nos horários que precedem o lançamento, que são utilizadas pela SVO, para o ajuste da trajetória de voo.



Figura 5 – Lançamento de uma radiossonda e experimento de dispersão de gases.

#### e) Estação Meteorológica de Superfície

Os equipamentos de medição dos parâmetros meteorológicos de superfície encontram-se dentro de um ajardinado meteorológico localizado nas proximidades do prédio da Meteorologia no CLA. São sistemas de funcionamento contínuo, do tipo estações automáticas (MAWS) onde os dados podem ser visualizados remotamente. No interior do prédio estão instalados os barômetros aneroides MK-2 e PA21-Vaisala.

#### f) Sensores de Campo Elétrico e de Descarga Elétrica Atmosférica

No CLA foi instalado um sensor de campo elétrico que mede o valor do campo com relação à altura (*Electric Field Mill II*). Em condições de céu claro, normalmente o valor do campo elétrico é de cerca de 200 V/m. Quando uma tempestade se forma logo acima do sensor o campo elétrico vai aumentando continuamente. Para o CLA, optou-se por considerar o limiar de 650 V/m, como indicador para a ocorrência de relâmpago (FERRO, 2004).

Para a detecção de descargas atmosféricas foi instalado o sensor TSS-928 (*Thunderstorm Sensor Model 928* da Vaisala). Este sensor possui alta eficiência de detecção de relâmpago nuvem-solo dentro de uma área de cobertura de 50 km de raio (FERRO, 2004).

### 3 – Observatório de Fenômenos Atmosféricos da ACA

A ACA possui um Observatório de Fenômenos Atmosféricos (OFA) localizado em São José dos Campos – SP, cuja função é realizar medidas de relâmpagos, campo eletromagnético, filmagens de eventos de descargas elétricas atmosféricas e medidas do meio ambiente atmosférico de superfície e altitude. No terreno do OFA, se destaca uma torre de cerca de 25 m de altura, que inicialmente era utilizada para a realização de pesquisa na área de enlace de microondas, e, atualmente, recebeu vários instrumentos meteorológicos para apoiar a pesquisa de diversos órgãos como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). A figura 5 (direita) mostra um experimento de dispersão de gases realizado no terreno da OFA com a visualização da torre ao fundo.

### 4 – Linhas de Pesquisa

Os investimentos constantes em recursos humanos são um reflexo da complexidade da atividade de desenvolvida pela ACA. Dos 34 servidores envolvidos no trabalho de Meteorologia Aeroespacial, 7 possuem a titulação de doutorado e 2 de mestrado. Assim são realizadas pesquisas sobre sistemas atmosféricos que ocorrem sobre a região onde estão localizados os centros de lançamento de foguetes que abrange as seguintes áreas: Dispersão e Turbulência Atmosférica, Banco de Dados Climatológicos, Modelagem Atmosférica, Previsão do Tempo, Sistemas Atmosféricos, Instrumentação Meteorológica e Clima Espacial.

### 5 – Considerações Finais

A ACA também é responsável pelo desenvolvimento de equipamentos meteorológicos. Em março de 2015, no IAE, foi assinado o Contrato de Transferência de Tecnologia do “Sistema Portátil de Aquisição de Dados Meteorológicos e Dispositivo Plataforma Portátil” (SPAD-MET) entre o IAE e a empresa

*Campbell Scientific* do Brasil Ltda. A tecnologia, que consiste em um sistema portátil de monitoramento de parâmetros meteorológicos e ambientais, incorporando sensores para outras medições, é o primeiro produto em instrumentação meteorológica da FAB com pedido de patente depositado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (QUINSAN JR. e PEREIRA, 2008).

#### REFERÊNCIAS

- CARUZZO A.; BELDERRAIN, M. C. N.; FISCH, G. “Mapeamento parcial da meteorologia nas operações de lançamentos de foguetes utilizando um método de estruturação de problemas”. XVI Simpósio de Aplicações Operacionais em Áreas de Defesa, São José dos Campos – SP, 2014.
- CORREA, C. S.; FISCH, G. “Estudo Preliminar da Turbulência do Vento no Centro de Lançamento de Foguetes de Alcântara (CLA)”. X Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília – DF, CD Rom, 1998.
- COUTINHO, E.; FISCH, G. “Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) na região do centro de Lançamento de Foguetes de Alcântara”. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza/CE, Soc. Bras. Meteorologia. Anais, 2004.
- FERRO, M. A. S.; “Monitoramento da atividade elétrica atmosférica do Centro de Lançamento de Alcântara”. Dissertação de Mestrado em Geofísica Espacial. INPE, São José dos Campos – SP, 2005.
- MARQUES, R. F.; FISCH, G. “As atividades de Meteorologia Aeroespacial no Centro Técnico Aeroespacial (CTA)”. Bol. da Soc. Bras. Meteorol., vol. 29, no. 3, pp. 21–25, 2005.
- PALMÉRIO, A. F. “Introdução à Engenharia de Foguetes”. CTA/IAE/ASE, 132 p., 2002.
- QUEIROZ, A. P. “Monitoramento e previsão imediata de tempestades severas usando dados de radar”. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. INPE, Cachoeira Paulista - SP, 2009.
- QUINSAN JR., H. R.; CUSTÓDIO, D. M.; YAMASAKI, J.; FISCH, G. “Análise Preliminar do Perfilador de Vento do CLA”. XVIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Recife – PE. Anais, 2014.
- QUINSAN JR., H. R.; PEREIRA, E. I. “Sistema Portátil de Aquisição de Dados Meteorológicos (SPAD-MET)”. XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, São Paulo – SP. Anais, 2008.
- VAUGHAN, W. W.; JOHNSON D. L. “Aerospace Meteorology: Some lessons learned from the development and application of NASA terrestrial environment design criteria”. Bol. Am. Meteorol. Soc., vol. 92, no. 9, pp. 1149–1157, 2011.