

Sobre a Importância Estratégica da Ciência Espacial para o Brasil

JOSÉ HUMBERTO ANDRADE SOBRAL

INTRODUÇÃO

Por ciências espaciais e atmosféricas subentende-se, neste artigo, o ramo da ciência relativo ao estudo do comportamento do espaço próximo ao nosso planeta, ou seja, a atmosfera, a ionosfera, o campo magnético terrestre etc., o meio interplanetário e o Sol, e também os domínios cósmicos tanto dentro como fora da nossa galáxia.

A palavra ciência, neste trabalho, está estritamente relacionada à geração do conhecimento científico através de métodos científicos, e não do que muitas vezes é confundido com ciência como o monitoramento puro e simples de algum acontecimento ou a simples execução de serviços por equipamentos, sem nenhum esforço científico. O conhecimento científico definido dessa forma é publicável em revistas científicas especializadas; as outras atividades acima citadas não o são, pois não apresentam nenhuma contribuição para o aperfeiçoamento do conhecimento científico. Em muitos casos, é lógico, tanto o monitoramento como a operação de equipamentos podem caracterizar-se como científicos desde que gerem o conhecimento científico.

A construção de foguetes está fora deste tema e, portanto, não será abordado aqui. Entretanto, a construção de cargas úteis científicas para balões, foguetes e satélites fazem parte deste tema. A meteorologia também não está no escopo deste trabalho.

É possível que a forma mais prática de abordar este tema seja através de exemplos práticos. Dessa forma, tentaremos focalizar nas próximas seções alguns exemplos/fatos específicos sobre a importância estratégica para a nossa sociedade do conhecimento científico do ambiente espacial, principalmente no que concerne o nosso território. Obviamente isto não quer dizer que devemos reservar as nossas atenções exclusivamente à região brasileira, esquecendo-nos do resto do mundo, dado que muitos fenômenos que aqui ocorrem estão associados a fenômenos que também ocorrem em outras localidades do globo terrestre.

Estrategicamente falando, poderíamos começar a discussão do tema perguntando se seria de algum interesse para o País se o estudo científico

do espaço sobre o nosso território, fosse responsabilidade de cientistas de outros países, sem uma liderança científica nacional. Nesse caso eles estudariam o assunto e nos explicariam. A resposta obviamente é não.

O interesse de cientistas estrangeiros por fenômenos espaciais regionais característicos da região brasileira, tem sido evidente nos últimos anos. Campanhas científicas experimentais de grande porte como por exemplo, o experimento Guará realizado pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) em colaboração com o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), sob a supervisão da AEB (Agência Espacial Brasileira) e execução pelo Ministério da Aeronáutica. O experimento, realizado entre agosto e outubro de 1994, compreendeu o lançamento de cerca de 33 foguetes a partir do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA). Temos, no mínimo, a obrigação moral de estudar esses fenômenos naturais que dominam o espaço aéreo brasileiro e formam parte do nosso meio ambiente, podendo eventualmente interferir no nosso dia-a-dia. O hemisfério norte do globo terrestre é bastante conhecido quanto ao comportamento da sua atmosfera, ionosfera, campo magnético terrestre, e do espaço cósmico que lhe é visível. O hemisfério sul é muito menos conhecido e, para o nosso constrangimento, boa parte do que se conhece da ciência espacial do hemisfério sul, foi descoberto por cientistas do hemisfério norte.

O espaço como um laboratório natural - o espaço próximo serve de laboratório de física e química, de valor inestimável para a ciência, e o espaço distante serve como um laboratório único para a física básica (cosmologia, teorias quântica e relativística, etc.).

Veja o caso da astrofísica, por exemplo. Um estrela que explodiu em 1987, liberou em apenas um segundo aproximadamente a quantidade de energia equivalente à energia emitida pelo Sol durante quatro bilhões de anos. Certamente trata-se de um fenômeno repleto de eventos relativísticos, irreproduzíveis em laboratório.

A astrofísica tem contribuído de forma extraordinária para o aperfeiçoamento do conhecimento dos mais variados fenômenos relativísticos, estrutura da matéria, fenômenos gravitacionais etc., que direta ou indiretamente tem trazido inefáveis benefícios à sociedade ao longo do tempo. Por outro lado, foi através da astrofísica que foram alcançados desenvolvimentos tecnológicos óticos, eletrônicos, etc. de aplicação na medicina e em outras especialidades científicas de direto interesse para a sociedade.

A atmosfera superior também funciona como um laboratório de valor inestimável por permitir o estudo de fenômenos impossíveis de

serem reproduzidos fisicamente em laboratório. Fenômenos de física do plasma espacial com escalas de grandeza da ordem de milhares de quilômetros, tais como as irregularidades ionosféricas geradas por instabilidades do plasma ionosférico, as correntes elétricas espaciais como as correntes de Pedersen e gravitacionais, os eletrojetos auroral e equatorial, são exemplos.

EXEMPLOS DE FENÔMENOS TÍPICOS DO AMBIENTE ESPACIAL SOBRE O TERRITÓRIO BRASILEIRO E AS SUAS CONSEQÜÊNCIAS NO DIA-A-DIA

O eletrojato equatorial - consiste numa corrente elétrica que circula ao longo do equador magnético terrestre, a uma altitude de aproximadamente 110 km. Esse equador é definido como uma linha imaginária que circula a Terra na região equatorial passando pelos pontos onde a linha de força do campo geomagnético torna-se horizontal. Ele não coincide com o equador geográfico, porém circula o globo terrestre próximo a ele. A importância do eletrojato equatorial é que nele se origina o sistema de forças elétricas que regem a distribuição do plasma ionosférico em baixas latitudes, e assim influi nas características da radiopropagação. O Brasil é o único país que oferece condições de monitoramento em solo por uma cadeia em disposição meridional (norte-sul) de magnetômetros ao norte e ao sul do eletrojato e esse fato, reconhecido internacionalmente, tem servido de estímulo para cientistas estrangeiros estudarem o eletrojato em solo brasileiro.

A anomalia equatorial, ou anomalia Appleton - consiste em duas faixas de alta densidade do plasma ionosférico localizadas nas regiões tropicais que circulam paralelamente ao equador magnético. Nas faixas da anomalia que se localizam no território brasileiro as densidades da ionosfera atingem valores maiores que em outras regiões da Terra. Tal fato desempenha importante influência nos enlaces de telecomunicações terrestres e espaciais.

A anomalia geomagnética brasileira - dá-se o nome de “região da anomalia geomagnética” à região localizada sobre o continente latino americano, onde a intensidade do campo magnético terrestre, ou campo geomagnético, é mais fraca que em qualquer outra parte do globo terrestre. Tal propriedade se deve à excentricidade do eixo do dipolo magnético terrestre. Nessa região ocorrem fortes precipitações de partículas (prótons e elétrons) oriundos do cinturão de radiação de Van Allen.

As bolhas ionosféricas - são perturbações da ionosfera terrestre que podem causar fortíssimas interferências nas ondas de rádio que as traspassem. Elas consistem em enormes regiões de alto grau de rarefação

do plasma ionosférico; se estendem ao longo das linhas de campo geomagnético por milhares de quilômetros. Portanto, elas cobrem o território brasileiro, no sentido norte-sul. Elas ocorrem apenas no período noturno e de outubro a março. Esse fenômeno foi descoberto sobre o território brasileiro por volta dos anos 1976-1977, por cientistas da Divisão de Aeronomia do INPE, e de lá para cá foi tema de pesquisa que resultou em mais de 80 trabalhos publicados em revistas científicas estrangeiras de alto nível científico.

Interferência das bolhas ionosféricas nas telecomunicações da Petrobrás na região de Macaé, estado do Rio de Janeiro - no mês de agosto de 1998 a Divisão de Aeronomia (DAE) do INPE foi contatada pela Petrobrás, para uma consulta sobre uma série de interrupções que aquela empresa vinha sofrendo na sua rede de telecomunicações DGPS (*Differential Global Positioning System*) usada no posicionamento das suas plataformas oceânicas de perfuração de petróleo na região de Macaé. Os técnicos encarregados daquela rede de comunicações estavam tendo dificuldades em identificar o problema. Por outro lado, as firmas estrangeiras de telecomunicações que operam tais redes de comunicação, também não estavam conseguindo identificar o problema. Os técnicos brasileiros estavam sendo vistos como os responsáveis pelas falhas nas telecomunicações, causando-lhes constrangimento. A situação de segurança das plataformas, que ficam sobre uma lâmina d'água de cerca de 1000 a 1500 m, era grave pois as derivas das plataformas não devem ultrapassar, na superfície oceânica, um raio de aproximadamente 15 metros em torno da projeção, na superfície oceânica, do furo do solo oceânico, sob o risco de romper-se o ducto submarino de petróleo resultando numa catástrofe ecológica de conseqüências imprevisíveis. Essas plataformas sofrem ajustes frequentes de posição (*dynamic positioning*) através de complexos mecanismos de posicionamento que operam com base em dados DGPS enviados por satélites. Após análise das informações sobre os *blackouts* nas referidas comunicações passadas por Macaé ao INPE, cientistas da DAE prontamente identificaram a origem do problema como sendo as bolhas ionosféricas. Esse fenômeno é exclusivo da zona tropical e não ocorre em países de primeiro mundo e daí o seu desconhecimento por parte das empresas de telecomunicações estrangeiras que operam em território nacional. O fenômeno das bolhas ionosféricas acontece no Brasil de forma extremamente intensa, e, aparentemente, de forma mais intensa do que qualquer outro setor longitudinal do planeta. Esse fenômeno constitui um exemplo típico da importância de conhecermos cientificamente o nosso ambiente espacial.

Interferência das bolhas ionosféricas nas telecomunicações da Embratel e em outras firmas de telecomunicações - por volta de 1990, a Embratel sofreu fortíssimas interferências nas suas telecomunicações

devido às bolhas ionosféricas, especialmente na comunicação marítima em toda a costa brasileira, de forma semelhante ao tipo de interferência ocorrida com a Petrobrás descrita acima, semelhante inclusive quanto ao fato de os técnicos brasileiros estarem sendo responsabilizados pelas firmas estrangeiras pelas falhas nas comunicações, causando-lhes constrangimento. Um técnico da empresa estrangeira do referido sistema de telecomunicações veio certa vez da Inglaterra para verificar os problemas técnicos que estavam acontecendo, passou apenas um dia no Brasil vistoriando o equipamento da Embratel, e regressou à Inglaterra relatando que o equipamento estava funcionando normalmente. Ele se limitou a verificar os equipamentos e não questionou o comportamento da ionosfera. Ele veio no mês de abril, mês em que praticamente não ocorrem os fenômenos das bolhas ionosféricas. Naquela época, os técnicos da Embratel desconheciam a existência das bolhas ionosféricas, não obstante o INPE já tê-las estudado detalhadamente por mais de dez anos.

Também por volta de 1990, uma grande firma de telecomunicações localizada em São José dos Campos, teve que transferir o seu horário costumeiro de calibração das antenas das 18h para às 24h devido à forte queda de intensidade do sinal causado pela interferência das bolhas ionosféricas. Os responsáveis pela calibração acima citada desconheciam por completo o fenômeno das bolhas ionosféricas.

Vale dizer também que muitos receptores de antena parabólica doméstica sofreram fortes interferências de recepção relacionadas com as bolhas ionosféricas, segundo o relato de técnicos eletrônicos especializados em receptores de parabólicas na região de São José dos Campos.

EXEMPLOS DO INTERESSE CIENTÍFICO ESTRANGEIRO NO ESTUDO DA REGIÃO ESPACIAL BRASILEIRA

A biosfera, a atmosfera superior e a ionosfera localizadas sobre o território brasileiro oferecem um cenário físico único, não somente para o estudo de certos fenômenos regionais como também para estudos laboratoriais de caráter mais geral, tais como processos atômicos, moleculares, reações químicas e física de plasma. A ionosfera terrestre consiste num importante meio de estudos laboratoriais de física de plasma, impraticáveis de serem simulados em laboratórios. Tanto o estudo dos fenômenos regionais como os estudos laboratoriais na referida região, têm despertado o interesse científico em cientistas internacionais, conforme exemplificado a seguir.

Os experimentos *BIME* e *Coloured Bubbles*, por foguetes, e a ionosfera usada como um laboratório de plasma - no período em torno de setembro de 1982 foram realizados os experimentos *BIME* (*Brazil*

Ionospheric Modification Experiments) do Laboratório de Geofísica da Força Aérea Norte-Americana (AFGL) e *Coloured Bubbles* do Instituto Max-Planck (IMP), em estreita colaboração científica com o INPE e executado pelo Ministério da Aeronáutica. O objetivo comum desses experimentos era gerar as bolhas ionosféricas artificialmente. Os americanos utilizaram a água e os alemães utilizaram nuvens de európio e bário como fontes de perturbação da ionosfera para iniciar o processo de geração artificial das bolhas. Cada experimento envolveu o lançamento de dois foguetes modelo Sonda III, a partir do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno. O Brasil mostrou-se um lugar cientificamente estratégico para tais experimentos que na realidade utilizaram a ionosfera como um laboratório de plasma. Essa custosa campanha, com gastos da ordem de milhões de dólares, claramente demonstrou o interesse científicos dos alemães e norte-americanos, representados pelo IMP e o AFGL, respectivamente.

A Campanha Guará - o nome dessa campanha foi escolhido em homenagem ao belo pássaro de cor avermelhada que habita a região de São Luís, e que está atualmente ameaçado de extinção. A Campanha Guará foi outro exemplo típico do interesse científico estratégico de estrangeiros pelos fenômenos espaciais da região brasileira. Esse experimento foi realizado pela NASA em colaboração científica com o INPE, no Centro de Lançamento de Alcântara, entre os meses de agosto e outubro de 1994, e foi composto por um conjunto de quatro experimentos distintos um do outro cujo objetivo era estudar de forma única os seguintes fenômenos: 1. a eletrodinâmica do sistema termosfera/ionosfera ao pôr do Sol; 2. as bolhas ionosféricas; 3. o eletrojato equatorial; e 4. a zona de transição mesosfera-termsosfera. Todos esses experimentos foram feitos de forma única já que seriam distintos se fossem executados em qualquer outro setor longitudinal tropical do globo terrestre. Seu custo total foi cerca de 15 milhões de dólares por parte da NASA, e envolveu o lançamento de 33 foguetes. Outro fator que contribuiu para a escolha do Brasil como sede dos lançamentos, foi o apoio científico que o INPE proporcionou aos cientistas da NASA. Até a data do experimento, a CEA(Coordenação de Ciências Espaciais e Atmosféricas do INPE) já havia produzido mais de 60 trabalhos sobre a aeronomia equatorial na região brasileira. Esse experimento mostrou claramente o interesse da NASA na ciência da ionosfera e da atmosfera superior sobre o território brasileiro.

O experimento *South Atlantic Anomaly Probe* - o cinturão de radiação de Van Allen é uma região do campo magnético terrestre que apresenta fortes correntes elétricas, podendo abrigar prótons de alta energia que podem por em risco a vida de astronautas. Esse perigo é maior na região brasileira do que em qualquer outra região do globo

terrestre, devido à excentricidade do eixo do dipolo geomagnético que faz com que tal cinturão seja mais próximo da superfície terrestre na região brasileira, que em qualquer outra parte do planeta. Prótons de 1 MeV de energia podem transpassar uma couraça de ferro de 25 cm de espessura e, dessa forma, podem colocar em risco a vida de um astronauta.

Em 1969, durante as fases dos vôos orbitais do projeto Apollo de viagem do homem à lua, a NASA, em colaboração científica com a CNAE (atual INPE), executou um projeto (*South Atlantic Anomaly Probe - SAAP*) de monitoramento das partículas do cinturão de radiação de Van Allen, no Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI). Naquela ocasião ficava no CLBI uma equipe de alerta em contato com a base aeroespacial de Houston a cada duas horas para executar um eventual lançamento de foguetes para medir tal radiação letal *in loco*.

Principalmente durante as tempestades magnéticas, a região espacial em cima do território brasileiro é preocupante tanto quanto à preservação da vida do astronauta em órbita, como à preservação de sensores expostos ao intemperismo do cinturão. Esse exemplo mostra a peculiaridade única da inospitabilidade no espaço sobre o nosso território, com o seu elevado nível de energia cinética pondo em risco a vida de astronautas e a integridade dos equipamentos expostos à intempérie ambiental daquela região, como em nenhuma outra parte do nosso planeta em tais níveis orbitais.

A falha do satélite OGO 5 na região da anomalia - O satélite americano OGO 5 (*Orbiting Geophysical Observatory*) lançado na década de 1960 não registrou as medidas geofísicas pretendidas sobre a região da anomalia geomagnética brasileira, devido à saturação dos seus instrumentos de bordo pelo bombardeio de partículas de alta energia. Mapas globais das suas imagens da aeroluminescência 630 nm do oxigênio atômico mostravam um grande *blackout* na região brasileira. Em todo o resto do globo o OGO 5 efetuou com sucesso as suas medidas normalmente.

O interesse dos cientistas soviéticos na ionosfera sobre a região brasileira - cientistas do Instituto de Geomagnetismo e Rádio Propagação (Izmiran) com sede na região de Moscou, apresentam crescente interesse nos estudos da chamada Anomalia de Appleton. Para esse fim eles utilizaram dados do satélite soviético *Intercosmos 19* para os estudos em nível orbital do fenômenos ionosféricos *spread-F* e da Anomalia de Appleton sobre região brasileira.

O interesse continuado da força aérea americana nos estudos aeronômicos da região brasileira - em recente visita ao INPE, cientistas

do Laboratório de Geofísica da Força Aérea Norte Americana expressaram o interesse daquele laboratório em aprofundar os seus estudos científicos da atmosfera superior e ionosfera (aeronomia) na região brasileira em colaboração com o INPE.

O interesse da NASA nos estudos ambientais sobre a Amazônia: a campanha experimental SCAR-B (*Smoke, Clouds and Radiation-Brazil*) - no período de agosto a setembro de 1995 foi realizado o experimento SCAR-B com o objetivo de estudar a queima de biomassa, através do uso de aeronaves, satélites (GOES e NOAA usando sensor Avhrr) e instrumentos de solo (fotômetros solares), com a participação do INPE e da Universidade de São Paulo (USP).

O interesse do Laboratório de Propulsão da Califórnia (*Jet Propulsion Laboratory - JPL/Caltech*) na parceria brasileira para o projeto de previsão de tempestades magnéticas - em junho de 1998 o INPE foi visitado por um grupo de cientistas do JPL para demonstrar o interesse deles numa colaboração com o Brasil, através de cientistas do INPE, nos estudos da previsão do clima e do tempo do meio interplanetário. Durante os eventos das tempestades magnéticas, ocorrem correntes elétricas e instabilidades do plasma de altas intensidades no meio interplanetário, capazes de causar interrupções nas comunicações via satélite. Estudos da NASA relatam a perda de contato com a frequência de até 1200 vezes ao dia, nas telecomunicações via satélite. O intemperismo do meio interplanetário também pode destruir definitivamente a instrumentação de bordo dos satélites artificiais, pelo bombardeio de feixes relativísticos de elétrons e de campos elétricos de altíssima intensidade. Mais de doze satélites já foram completamente “apagados” nos últimos dois anos, e entre eles o satélite *Equion*, para estudos da ionosfera equatorial, para cuja construção e posterior utilização dos seus dados o INPE foi formalmente convidado a participar.

FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

Uma contribuição à sociedade que não pode ser esquecida é a formação de recursos humanos. Nesse aspecto, o curso de ciências espaciais do INPE formou, no período de 1968 a 1998, cerca de 94 mestres e 60 doutores, que são números consideráveis levando em conta o relativamente pequeno quadro de professores do INPE, comparados com as grandes universidades, e também o fato de o INPE ser basicamente uma instituição de pesquisa e não de ensino. Não obstante, os cursos de Geofísica Espacial e Astrofísica do INPE têm conseguido altas notas nas avaliações periódicas da Capes. Dessa forma, a ciência espacial têm-se mostrado adequada para contribuir para a formação de recursos humanos no País.

Não faria sentido analisar a importância estratégica aqui considerada sem se considerar algumas das maiores necessidades atuais. A seguir focalizamos brevemente este assunto.

Renovação do atual quadro de pesquisadores - cremos que dentre as carências atuais da ciência espacial no Brasil a necessidade de contratação de cientistas e tecnólogos é a maior delas. O quadro atual de cientistas do INPE precisa ser renovado, pois os pesquisadores atuais estão próximos à aposentadoria, fora os que já se aposentaram. Caso não haja pessoal jovem, o *know-how* adquirido nas últimas décadas pelos cientistas mais antigos, corre o risco de se perder. A última contratação em massa de estudantes para cursarem o doutorado em ciências espaciais e áreas correlacionadas, ocorreu no final da década de 1960. De lá para cá as contratações foram esporádicas e modestas em número de contratados, não obstante esse problema ter sido ressaltado pelos líderes da área inúmeras vezes nas duas últimas décadas.

Obviamente igual apoio deverá ser dado também às instituições que venham a compartilhar a atuação nesse campo de pesquisas, especialmente aquelas situadas próximas às bases de lançamento de foguetes de Alcântara e Natal.

Nos últimos anos foi possível suprir parte da deficiência de recursos humanos através de bolsas PCI (Programa de Capacitação Institucional) e também outros tipos de bolsa como por exemplo as de professor visitante do CNPq. Entretanto, o inconveniente de tais bolsas é a sua limitação em tempo, que em geral valem por apenas 2 anos. As bolsas de professor visitante, de um modo geral, são renováveis apenas até atingir um máximo de quatro anos. Dessa forma, depois de quatro anos de estágio, a instituição perde um profissional com uma larga bagagem de conhecimento.

Recursos financeiros - os recursos do Tesouro tem sido muito aquém das necessidades da área de Ciências Espaciais e Atmosféricas do INPE. A CEA tem sido muito ajudada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) através de auxílios à pesquisa e auxílios para participação científica, e pelo MCT e CNPq através do Pronex. O CNPq tem sido também uma fonte de fomento muito importante, principalmente pelas Bolsas de Produtividade de Pesquisa, Apoio Técnico, Iniciação Científica, Mestrado e Doutorado.

No caso das instituições localizadas fora do estado de São Paulo, onde se cogitaria a formação de núcleos de pesquisas em ciências espaciais, tal problema se agrava por não haver o respaldo em nível da Fapesp. Portanto os recursos financeiros para o desenvolvimento dos projetos de pesquisa deveriam aumentar.

Implementação de novos centros de pesquisas espaciais - conforme mencionado anteriormente, a produtividade da pesquisa sobre a atmosfera superior do nosso planeta e do meio interplanetário tem sido predominantemente proveniente do INPE e essa situação deveria ser mudada, desejavelmente, através da criação de novos centros de pesquisa no ramo. Um ponto de partida razoável seria o apoio às universidades localizadas próximas aos campos de lançamento de foguetes de Alcântara-MA e da Barreira do Inferno - RN, onde já existem centros regionais do INPE, que poderiam ajudar no intercâmbio científico entre o INPE e tais universidades, principalmente durante as campanhas experimentais por foguetes. Em parte tal iniciativa já está acontecendo através da Agência Espacial Brasileira, que está dando apoio à Universidade Federal do Rio Grande do Norte para um projeto de construção de uma carga útil ionosférica para foguete.

Sobre o desenvolvimento tecnológico - a exploração espacial é uma atividade geradora de inovações tecnológicas. Temos verificado na área de Ciências Espaciais do INPE contribuições significativas e importantes no desenvolvimento tecnológico também compartilhado com a indústria aeroespacial. O desenvolvimento de 11 cargas úteis para experimentos ionosféricos e da alta atmosfera por foguetes levou o INPE, nos últimos 15 anos, a desenvolver mais de quarenta instrumentos científicos de bordo. Muitos desses instrumentos foram totalmente desenvolvidos pela CEA e depois pela indústria, com o devido repasse de tecnologia do INPE para a indústria. Nesses projetos, o INPE teve uma colaboração tecnológica substancial por parte do Instituto de Atividades Espaciais (IAE/CTA/MAer). Durante o experimento Guará, um dos foguetes norte americanos abrigou a bordo um sensor de plasma totalmente desenvolvido no INPE.

O desenvolvimento do projeto Masco de astrofísica contribuiu de forma inédita para o desenvolvimento de mecanismos de apontamento dos instrumentos de bordo em direção ao cosmo, para medidas de ruídos de fundo remanescentes da grande explosão ou *big-bang*. O desenvolvimento de um detetor de radônio, no INPE, foi patenteado e atualmente está sendo utilizado por diversas equipes científicas internacionais.

UM POUCO MAIS SOBRE A ASTROFÍSICA

A astrofísica é uma ciência que lida com o meio cósmico em que vivemos e conseqüentemente com a origem do nosso planeta e do surgimento da vida nele. Portanto é um ramo da ciência extremamente desafiador e interessante. Sem dúvida nenhuma, nas próximas décadas ocorrerão progressos notáveis no que toca o conhecimento do universo.

Nesse ponto será essencial que o País conte com uma equipe competente em astrofísica tanto para contribuir para o aumento do conhecimento do universo como para nortear a sociedade quanto a tais progressos.

De certa forma, a astrofísica também tem a ver com a preservação da vida na Terra no sentido de prever a colisão de um asteróide com o nosso planeta, como, por exemplo, um asteróide do tipo Schumacher-Levy que recentemente colidiu com o planeta Júpiter. Obviamente num caso desse tipo, toda a comunidade científica internacional estará interessada no fenômeno, mas isso não implica a não participação brasileira junto ao esforço internacional.

AS COLABORAÇÕES INTERNACIONAIS

Sendo o espaço um domínio internacional, ele permite de uma forma natural aperfeiçoar as colaborações científicas internacionais, podendo, dessa forma, contribuir com uma eventual aproximação diplomática do Brasil com outros países. Isso tem acontecido com muita frequência.

É importante ressaltar que nos últimos anos tem havido uma crescente colaboração científica nos campos da aeronomia, geomagnetismo e astrofísica, entre os países do Mercosul, principalmente com a Argentina. O mesmo tem acontecido com as colaborações do Brasil com o Chile e com o Peru.

O INPE é uma instituição bastante aberta quanto às colaborações nacionais e internacionais nas pesquisas espaciais. Somente neste ano de 1999, a instituição conta com mais de 60 projetos científicos em colaboração com mais de 70 organizações de pesquisa de 11 países. No Brasil, o INPE colabora com cerca de 20 instituições de pesquisa e universidades.

A INTERAÇÃO DA COMUNIDADE CIENTÍFICA COM A SOCIEDADE

A interação entre os cientistas de ciência espacial do INPE com o público através da imprensa falada e escrita, das organizações culturais e das empresas, é extremamente intensa e acontece no dia-a-dia, para fins de consultas sobre fenômenos espaciais.

A interação do corpo de cientistas do INPE com a imprensa é uma forma de contato com a sociedade. Se não existisse tal interação a nossa sociedade ficaria parcialmente alienada aos acontecimentos do meio ambiente espacial, especialmente no que tange aos fenômenos sobre o território nacional. Essas interações não são tão simples. Normalmente

elas requerem uma bagagem de conhecimento científico considerável, que somente um cientista ativo e produtivo pode oferecer.

ORIENTAÇÃO À SOCIEDADE QUANTO À FUNÇÃO DA CIÊNCIA; DISTINÇÃO ENTRE CIÊNCIA, MONITORAMENTO, SERVIÇO E PSEUDO-CIÊNCIA

Uma das contribuições que os cientistas podem prover à sociedade, através da imprensa, é distinguir três coisas que são frequentemente confundidas com ciência: o monitoramento, o serviço e a pseudo-ciência. Vamos a seguir dizer muito brevemente o que se quer dizer com isso.

A **ciência** tem como objetivo geral gerar o conhecimento científico através de métodos científicos. O estudo dos fenômenos naturais nas ciências exatas, por exemplo, é feito por métodos matemáticos, físicos, químicos etc.

O **monitoramento** puro e simples de um fenômeno natural ou de origem antropogênica, não é ciência se não vier acompanhado de uma interpretação em bases científicas, seguindo uma metodologia científica.

O **serviço** também é muitas vezes confundido com ciência. Às vezes a presença de equipamentos sofisticados tais como super computadores ou outras máquinas, aparelhos ou instrumentos caros e sofisticados podem dar um ar científico à sua operação, porém podem ter muito pouco ou nada a ver com a ciência se pouco ou nenhum conhecimento científico estiver sendo gerado. Seria como chamar de engenheiro eletrônico alguém que soubesse usar um aparelho de CD (*CD player*).

A **pseudo ciência** ocorre de forma semelhante ao serviço, quanto à falta de substância científica. Um exemplo disso é o caso do estudo sobre os discos voadores, ou UFOs. Cientistas da área de ciências espaciais do INPE muitas vezes são contatados pela imprensa e por indivíduos para responder excitantes perguntas via carta, correio eletrônico ou telefone sobre esse assunto como se tivesse a ver com a ciência espacial. O estudo sobre disco voadores não é científico, pois não tem como ser estudado cientificamente através de métodos adequados. As observações relatadas sobre os discos voadores, ou UFOs, verdadeiras ou não, são simples relatos, e não estudos científicos. Classificar como ciência o estudo dos discos voadores é como classificar como ciência as digressões do pensamento sobre um dado acontecimento considerado sobrenatural.

A PARTICIPAÇÃO BRASILEIRA NOS EXPERIMENTOS ESTRANGEIROS REALIZADOS NO BRASIL

Vimos anteriormente que é grande o interesse da comunidade científica internacional por estudos do ambiente espacial sobre o território brasileiro e, por isso, tem acontecido tantas campanhas experimentais

em solo nacional tais como o experimento Guará, o experimento SCAR da NASA, o BIME, o *Coloured Bubbles* etc. já abordados, além de inúmeros outros experimentos de astrofísica e aeronomia, que implicam no vôo de balões, aeronaves, foguetes e satélites sobre o território nacional. Nesses tipos de campanhas experimentais, cientistas do INPE têm ajudado a esclarecer às autoridades nacionais, os objetivos científicos dos experimentos.

A CIÊNCIA ESPACIAL E ATMOSFÉRICA NO FUTURO

Atualmente, a ciência espacial é um dos ramos da ciência mais dinâmicos, pois trata-se de um ramo relativamente novo, que teve um notável impulso com os satélites artificiais e a tecnologia moderna. No próximo século certamente esse progresso continuará a ocorrer de forma intensiva, e sem dúvida a participação do Brasil será de importância fundamental para o país.

PERSPECTIVAS A MÉDIO E LONGO PRAZO PARA A CIÊNCIA ESPACIAL NO BRASIL

O interesse atual e futuro do estudo da ciência espacial no Brasil está associado não somente aos interesses nacionais imediatos, como também aos interesses da comunidade científica internacional.

A médio prazo (até 5 anos) as perspectivas das atividades científicas são as seguintes:

1. Continuação das várias atividades de pesquisas rotineiras atualmente em andamento no INPE, que deverão prosseguir no período considerado, com o objetivo de contribuir para o aperfeiçoamento do conhecimento científico do ambiente espacial sobre o território brasileiro.

2. Estabelecer outros centros de pesquisas espaciais em outras localidades do país, junto às universidades e instituições de pesquisa.

3. Incentivo às campanhas experimentais internacionais por foguetes, satélites e instrumentação de solo que são úteis não somente sob o ponto de vista político e científico, como também de ordem econômica, pois isso permite aos cientistas brasileiros o acesso a experimentos científicos sofisticados e caros.

4. Contratação de novos cientistas.

5. Adoção de uma política de incentivo à ciência espacial, aumentando a prioridade e os recursos para as ciências espaciais no INPE, que tem sido muito fraco nos últimos anos.

CONCLUSÃO

Sumariando, o estudo da ciência espacial visa aperfeiçoar o conhecimento sobre o ambiente espacial próximo e distante, de forma a revelar as suas peculiaridades que diretamente interessem à sociedade, desde os fenômenos que interferem na vida humana no dia-a-dia, até as origens cósmicas dos corpos celestes e a própria vida no planeta.

Do acima exposto, concluímos que é indiscutível a importância estratégica da ciência espacial para o País, a começar pelo fato de termos nele uma enorme área geográfica, e conseqüentemente uma enorme região espacial com características únicas. É evidente que o país deve ter o compromisso de explorar o seu espaço imediato de forma a melhor entendê-lo e usá-lo conforme as necessidades nacionais.

Podemos concluir da discussão acima que a importância da ciência espacial nacional está diretamente relacionada com o seguinte:

1. Contribuir estrategicamente para o aperfeiçoamento do conhecimento do ambiente espacial nas vizinhanças do nosso planeta, ou seja, das camadas atmosféricas, do sistema ionosfera/ atmosfera superior/ campo geomagnético com ênfase sobre os fenômenos que ocorrem sobre o território brasileiro.

2. Contribuir para a exploração do cosmo com ênfase no segmento cósmico visível do nosso território.

3. Utilizar o cosmo e a atmosfera superior como laboratório natural para o estudos da física impraticáveis de serem realizados em laboratório.

4. Contribuir para o desenvolvimento de recursos humanos, formando mestres e doutores com pesquisas de alto nível.

5. Contribuir para o desenvolvimento tecnológico do País em parceria com a indústria.

6. Sendo o espaço um domínio internacional, ele permite de uma forma natural aperfeiçoar as colaborações científicas internacionais, provendo, dessa forma, ajuda para uma eventual e desejada aproximação diplomática do Brasil com outros países.

7. Ajudar a esclarecer os fenômenos naturais espaciais de interesse para a sociedade e para o País.

8. Assessorar o governo, de um modo geral, nas questões espaciais.

9. Assessorar o governo sobre as campanhas científicas experimentais estrangeiras a serem realizadas em território nacional.

10. Assessorar a sociedade através da imprensa, do atendimento às firmas, às entidades culturais e a pessoas, individualmente.

11. Evitar a alienação do País nas questões científicas do espaço, que deverão aumentar em proporções imprevisíveis no próximo século com o aumento da utilização do espaço próximo e da exploração do cosmo.

RESUMO

A pesquisa científica do ambiente espacial próximo ao nosso planeta vem sendo realizada por cerca de três décadas. Grande parte dessa pesquisa vem sendo feita por cientistas da área de ciências espaciais e atmosféricas (CEA) do Instituto Nacional de Pes-

quisas Espaciais (INPE). Considerando as dimensões continentais do Brasil, o corpo da área de ciências espaciais e atmosféricas do INPE é relativamente pequeno e isso demonstra a necessidade de se criar outros centros de pesquisas espaciais no país. Baseados em tal necessidade, cientistas da CEA tomaram a iniciativa de incentivar o desenvolvimento de novos núcleos de pesquisas espaciais junto a algumas universidades e instituições de pesquisa nacionais. O sucesso de tal esforço, entretanto, não depende só dos cientistas mas também do governo, por se tratar de uma ciência básica. Esse artigo focaliza a importância da ciência espacial tanto para a geração do conhecimento científico como para ajudar a melhor assessorar a sociedade. Por ciência espacial subentende-se aqui a ciência das diferentes regiões atmosféricas, incluindo a ionosfera, (excluindo, porém, a meteorologia), a magnetosfera, o espaço interplanetário, as relações Sol-Terra e o espaço cósmico galáctico e extra-galáctico. Este artigo trata do desenvolvimento de cargas úteis para balões, foguetes e satélites, porém não aborda a construção de veículos lançadores. A importância da ciência espacial foi aqui apresentada através de exemplos de experiências passadas da necessidade do conhecimento científico aqui concernente, além da necessidade de preparar o país para um futuro próximo, no novo século, que certamente exigirá um maior dinamismo na geração do conhecimento científico deste ramo emergente da ciência.

ABSTRACT

Scientific research on our planet's space environment has been conducted in Brazil for the last three decades. Most of this research has been accomplished by scientific groups of the Space and Atmospheric Science Area of the National Institute for Space Research (INPE). Considering the continental dimension of Brazil, the size of INPE's space and atmospheric science group is very modest indeed, which highlights the need to have a broader base of science community spread over the country. INPE's scientists have taken important initiatives, especially during the last ten years, to encourage and establish space science education and training programs in Brazilian universities and research institutions. However, the success of such efforts do not depend entirely on INPE's scientists. Since space science is basically seen as a fundamental science, notwithstanding its multisided and eventual benefits to the society, political willpower on the part of the government is important to guaranty success in such efforts. This article focus on the importance of space science education and research to improve our understanding of the diverse problems of space environment in Brazil, and for the eventual use of such knowledge in many space activity based solution to human/societal problems. By space sciences it is understood here the sciences of earth's atmosphere including the ionosphere (but not including meteorological domain), the magnetosphere, the interplanetary space, solar-terrestrial relationship, and the galactic and extra-galactic space. This article covers also programs and developments of scientific payloads for balloons, rockets and satellites, but does not cover technology aspects of rocket and satellite platforms. The importance of space science studies in Brazil is highlighted through practical examples, from our experience, of the need of information, stemming from such studies, to private firms, national and international scientific communities. Examples will be cited of problems arising from the space environmental characteristics unique to Brazilian territory such as the ionospheric plasma bubble phenomenon that cause strong interference on space based telecommunication systems. Besides the practical need to know about the influence of space phenomena in our day to day life it is pointed out that the study of space sciences is important also for a better understanding of the different processes that control our space environment. Other points of importance to the study of space sciences addressed here include some suggestions to improve the development of this branch of science in Brazil. Because space phenomena do not possess international frontiers the field of space science investigations constitute natural subject of common interest to many countries. This situation can stimulate international collaboration projects and political/diplomatic approximation among countries. Since the

early years of space research present Brazilian space environment has offered challenging opportunities for numerous experimental campaigns initiated by many foreign countries, notably, USA, Germany and Japan, with the active participation and collaboration of Brazilian scientists.

O Autor

JOSÉ HUMBERTO ANDRADE SOBRAL, é formado em engenharia eletrônica pela antiga Escola Nacional de Engenharia do Rio de Janeiro em 1966 (atual UFRJ), mestre em Ciências Espaciais pelo INPE em 1969 e PhD. em Engenharia Elétrica pela Universidade de Cornell (EUA) em 1973. Foi admitido como pesquisador no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em 1/7/1967; tem cerca de 80 trabalhos científicos publicados em revistas especializadas, diversos projetos de pesquisa, incluindo o PRONEX/MCT; tem prestado assessoria científica ao CNPq, à FAPESP, à NASA (EUA) e outras instituições de pesquisa e universidades no Brasil e no exterior, e tem revisado inúmeros trabalhos científicos para publicação em revistas especializadas, no Brasil e no exterior. Desde o ano de 1992 até o presente exerce a função de Coordenador Geral da área de Ciências Espaciais e Atmosféricas do INPE.