

paredes dos plasmas de laboratório. Colisões das partículas do plasma com as paredes do reservatório distorcem as medidas [Sobral, J. H. A; 1997].

3.4 Rádio - Sinais na Faixa de Altas Frequências

O espectro eletromagnético compreende diversos tipos de radiação eletromagnética, desde raios γ (frequências superiores à 10¹⁸ Hertz) até micropulsões geomagnéticas (frequência de alguns Hertz). Ondas de rádio são aquelas ondas eletromagnéticas cujo comprimento de onda (λ) é da ordem de alguns metros até várias centenas de metros. A banda de rádio está dividida em diversas faixas bem definidas. Estas faixas de frequência são indicadas na Tabela 3.4.

Faixa	Frequências	Comprimento de Onda (λ)
ELF – <i>Extremely High Frequencies</i>	< 3 kHz	> 100 km
VLF – <i>Very Low Frequencies</i>	3 – 30 kHz	100 – 10 km
LF – <i>Low Frequencies</i>	30 – 300 kHz	10 – 1 km
MF – <i>Medium Frequencies</i>	300 – 3000 kHz	1000 – 100 m
HF – <i>High Frequencies</i>	3 – 30 MHz	100 – 10 m
VHF – <i>Very High Frequencies</i>	30 – 300 MHz	10 – 1 m
UHF – <i>Ultra High Frequencies</i>	300 – 3000 MHz	1000 – 100 mm
SHF – <i>Super High Frequencies</i>	3 – 30 GHz	100 – 10 mm
EHF – <i>Extremely High Frequencies</i>	30 – 300 GHz	10 – 1 mm

Tabela 3.4 – Faixas de frequências dentro da banda de rádio.

Fonte: Baseado em [ITU, 1998], pág. 29.

Pela Tabela 1, os sinais são classificados como Alta Frequência (HF) quando a frequência se encontra entre 3 e 30 MHz, ou os comprimentos de onda entre 100 e 10 km respectivamente. Estações de radiodifusão que utilizam modulação em amplitude (AM) frequentemente utilizam uma onda

Brasil com a França nesse campo foi importante para nós no passado, e sugerir como devemos cooperar no futuro. Disso poderei tratar com proveito para o leitor, dado que participei intensamente daquele que foi, com todas suas frustrações, o relacionamento bilateral mais profícuo até hoje para o desenvolvimento dos programas brasileiros de foguetes e satélites. Refiro-me ao relacionamento que tivemos com a França no período 1976-1988. Neste ponto é justo que o leitor pergunte: se o tema é este, bem definido e interessante, qual o propósito de fazer no início do trabalho considerações tão sobranceiras? De fato, delas deveríamos aportar em alguma conclusão. Mas já me alonguei demais, tenho de abordar imediatamente a pauta. Se o leitor quiser volver ao assunto mais genérico, acompanhe-me com paciência até o epílogo. Quando lá chegarmos, se não me faltarem tempo, papel e uma dose módica de engenho, hei de encontrar o arremate deste prólogo, ou pelo menos alguma outra provocação.

91 FDB-19930210

92 FDB-MD



- **Poluição nuclear:** O risco de um batismo nuclear na região Sul-Atlântica. Um satélite movido a combustível nuclear que se desintegre na atmosfera terrestre poderá deixar um rastro de partículas radioativas, que poderão precipitar-se na região brasileira, pois essa é a região do globo terrestre onde se precipitam as partículas energéticas do cinturão de radiação de Van Allen.
- **Para fins bélicos:** Blackout para as telecomunicações inimigas. O aquecimento artificial do plasma ionosférico feito por radares em solo ou "in loco" através de satélites, utilizando-se técnicas de aquecimento de plasma por meio de ondas de radiofrequência de alta potência poderá, convenientemente, confinar as radiocomunicações a uma região geográfica previamente estabelecida sem que o inimigo tenha acesso a essa região.
- **A Ionosfera é a camada atmosférica formada por elétrons e íons livres que tem a propriedade de conduzir correntes elétricas e energia térmica. Ou seja, ela é boa condutora de calor e de eletricidade. Ficou conhecida pelo fato de permitir as radiocomunicações a longas distâncias, nas primeiras décadas deste século. Ela é formada em sua maior parte pela ação da radiação ultravioleta solar que arranca os elétrons das órbitas dos átomos neutros da atmosfera, gerando assim o par fotoelétron/íon positivo. O fotoelétron perde energia e, em subsequente equilíbrio térmico compõe com o íon livre o plasma ionosférico. Durante a noite, elétrons e íons se recombinaem aos poucos tornando o plasma mais rarefeito. O seu íon mais abundante é o íon oxigênio atômico O^+ . Sua localização inicia-se aproximadamente a uma altura de cerca de 60 Km durante o dia e 90 Km durante a noite e se estende por centenas de quilômetros de altura. Sua parte mais densa fica localizada em torno de 300 Km de altura e chama-se região F. Sua notoriedade deve-se à sua propriedade de interferir refletindo, refratando, absorvendo e espalhando as ondas de rádio.**
- **A Ionosfera na condição de um laboratório espacial:** um dos objetivos dos experimentos ionosféricos, sejam eles em nível de solo, aéreo, suborbital ou orbital, de um modo geral, é utilizar a Ionosfera como um laboratório para o estudo da física de plasmas. Trata-se de um laboratório único pois aí não existem paredes que introduzam as complicadas condições de fronteira, nas

O Brasil e a França na Exploração do Espaço Exterior

Aydano B. Carleial
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, C. P. 515
São José dos Campos, SP 12201-970

Copyright Fundação Alexandre Gusmão e A. B. Carleial

Prólogo

A conquista do espaço começou há menos de quarenta anos, se tomarmos como seu marco inicial o lançamento do primeiro *Sputnik*. Antes de 1957 houve apenas o trânsito efêmero de alguns foguetes pelo vazio que nos circunda. A aviação, confinada ao aconchego da atmosfera terrestre, muito aquém do espaço exterior, é, por natureza, diferente da astronáutica. De qualquer modo, tanto os aviões como os balões estratosféricos são do nosso século, apenas um pouco menos recentes que as espaçonaves.

Recentíssimas são também muitas outras conquistas tecnológicas, cujas consequências de longo prazo não podemos sequer vislumbrar, até porque a cada avanço do conhecimento e da técnica sucedem outros, e há complexas relações entre eles. (Estou usando palavras como "conquista" e "avanço" para evocar a idéia de domínio de um novo território, desta feita no mundo do *saber fazer*. Tais palavras não significam necessariamente premonição de um futuro feliz para a humanidade. Toda expansão envolve oportunidades e riscos. As conquistas de hoje, como as grandes navegações do passado, são aventuras.) A geração e distribuição de energia abundante e barata, as telecomunicações, a informática e a biotecnologia são exemplos desses avanços da técnica. No que se refere às ciências da natureza, ouvimos falar a cada momento de descobertas notáveis. A matemática parece mais que recuperada da crise existencial dos paradoxos. Até nas ciências sociais aqui e acolá temos notícia de algum progresso! Por tudo isso, nosso tempo é singular na história: não apenas por ser "idade de extremos", mas especialmente por testemunhar uma expansão sem precedente no

poder dos Estados, corporações, grupos sociais e indivíduos. Poder de uns perante os outros e poder de todos diante da Natureza, para o bem e para o mal.

Como situar e avaliar a importância e as consequências da exploração do espaço cósmico no *mélange* das transformações contemporâneas? Não pretendo fazê-lo. Primeiro porque (acabei de deixar claro) seria dificilimo. Ademais porque, felizmente, o tema proposto para este ensaio é outro, bem menos ponderoso! Devo escrever sobre o que o Brasil e a França têm feito na exploração espacial. Tenciono, então, relatar como a interação do Brasil com a França nesse campo foi importante para nós no passado, e sugerir como devemos cooperar no futuro. Disso poderei tratar com proveito para o leitor, dado que participei intensamente daquele que foi, com todas suas frustrações, o relacionamento bilateral mais profícuo até hoje para o desenvolvimento dos programas brasileiros de foguetes e satélites. Refiro-me ao relacionamento que tivemos com a França no período 1976-1988.

Neste ponto é justo que o leitor pergunte: se o tema é este, bem definido e interessante, qual o propósito de fazer no início do trabalho considerações tão sobranceiras? De fato, delas deveríamos aportar em alguma conclusão. Mas já me alonguei demais, tenho de abordar imediatamente a pauta. Se o leitor quiser volver ao assunto mais genérico, acompanhe-me com paciência até o epílogo. Quando lá chegarmos, se não me faltarem tempo, papel e uma dose módica de engenho, hei de encontrar o arremate deste prólogo, ou pelo menos alguma outra provocação.

A França e o Brasil no Início da Era Espacial

Tanto o Brasil como a França interessaram-se desde cedo pela pesquisa e exploração do espaço. A superioridade da França, com sua base científica, tecnológica e industrial, a

motivação estratégica e militar dos franceses e a disparidade econômica entre os dois países são razões suficientes para explicar a distância que logo os separou na evolução subsequente.

Qualquer um poderia tê-la previsto. Não obstante, é digno de nota que, apesar de nossas limitações, não faltou à comunidade científica brasileira e a algumas autoridades, bem no início, uma visão bastante clara da importância do espaço para o Brasil. Entre os que planejaram com inteligência nossos primeiros passos nessa área, enfatizando a formação de pessoal, embasamento científico e aproveitamento de oportunidades de cooperação internacional, destacaram-se alguns oficiais das Forças Armadas, a exemplo do que ocorreu em outros setores estratégicos. O país vivia então a instabilidade política dos últimos anos de governo civil. Em 1961 o presidente Quadros, dando curso às idéias dos pioneiros nacionais, estabeleceu a CNAE, protótipo de agência espacial, ligada ao CNPq, a qual mais tarde se converteu no atual Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O controle do setor espacial do governo só foi totalmente militarizado no Brasil depois do AI-5, em 1971.

Recordemos que a conquista do espaço começou no auge da Guerra Fria, marcada pela competição entre as duas superpotências. Por alguns anos os Estados Unidos e a União Soviética foram os únicos protagonistas capazes de empreendê-la, principalmente porque o ingrediente crítico era a capacidade de lançamento. O desenvolvimento de grandes foguetes guiados, dispendioso e arriscado, estava então intimamente ligado à possibilidade e à necessidade de produzir mísseis balísticos de longo alcance. A URSS, por esforço próprio, inspirada na tradição de Tsiolkovsky e aproveitando alguns técnicos e materiais capturados da Alemanha em 1945, logo conseguiu produzir foguetes de enorme empuxo, que lhe deram clara vantagem na capacidade de lançamento até meados da década dos sessentas. Os EUA dispunham de amplos recursos econômicos e tecnológicos, já tinham experiência própria graças ao trabalho de Goddard, e contavam com os melhores especialistas de Peenemunde. Ainda assim, em parte devido a problemas organizacionais, ficaram a reboque da URSS no início da corrida espacial.

Quais outros países poderiam despontar como exploradores do espaço a partir de 1960? A

Alemanha e o Japão estavam na condição peculiar de potências derrotadas na Segunda Guerra Mundial, com restrições externas ou auto-impostas a tudo que se pudesse relacionar com armamentos. O desenvolvimento espacial desses países foi por isso limitado ou mais tardio em determinados setores, o que não impediu que ambos depois chegassem à vanguarda. A Grã-Bretanha tinha condições altamente favoráveis, mas adotou uma linha discreta em seus projetos espaciais, apoiando-se na Aliança Atlântica (como fez na área nuclear). A Itália e os demais países da Europa Ocidental também só deram impulso significativo a sua indústria espacial anos mais tarde, com a formação da Agência Espacial Européia (ESA) e a consolidação da Comunidade Européia.

Não foi assim com a França. Além de participar dos planos e programas europeus para a exploração do espaço, a França desde cedo mostrou-se determinada a desenvolver capacidade própria. Em 1962 estabeleceu sua agência espacial, o Centre National d'Études Spatiales (CNES), com instalações em Toulouse e Evry, assegurando investimentos para pesquisas e industrialização de foguetes e satélites. Em 1968 pôs em operação a base de lançamentos de Kourou, na Guiana Francesa. À medida que o ambiente geopolítico e seus próprios designios a induziam a desvincular-se da OTAN e desenvolver uma força nuclear dissuasória com vetores próprios (*force de frappe*) a França passava a ser encarada, também, como potência espacial autônoma. Somente na presente década está se diluindo essa estatura especial da França, que a projetava sempre um pouco acima da medida exata da contribuição francesa (em si vultosa) para as atividades espaciais européias.

De 1965 a 1971 a França lançou ao espaço nove pequenos satélites tecnológicos e científicos, dois deles com o foguete Scout, da NASA, e os demais com o seu próprio lançador Diamant, cujo desenvolvimento começara em 1962. A NASA apoiou o desenvolvimento tecnológico espacial francês nessa fase pioneira, e lançou vários outros pequenos satélites da ESRO, organização européia que precedeu a ESA.

A Cooperação Franco-Brasileira até a Proposta BR1

Entre as preocupações dos dirigentes da CNAE estavam a formação de especialistas brasileiros e a interação com instituições congêneres e universidades no exterior. Até 1970 a CNAE já se tornara parceira das principais agências espaciais estrangeiras, participando de alguns

projetos e campanhas de pesquisas que propiciaram a instalação de instrumentos para medidas geofísicas e o lançamento de foguetes de sondagem e balões a partir do nosso território. Houve intercâmbio com cientistas e instituições de muitos países, até porque tais

projetos frequentemente são multilaterais. As exceções eram a União Soviética, com a qual só tivemos um ou outro contacto protocolar, e a China, que nessa época era um mundo a parte. (Do Ocidente, a França era praticamente o único país que mantinha alguma colaboração com a URSS. Naturalmente sempre houve o diálogo direto, ainda que limitado, entre as duas superpotências.)

Predominavam as relações da CNAE com a NASA e instituições de pesquisa e universidades dos EUA, mas a colaboração científica com a França também foi importante nessa época. Por exemplo, a observação de radiação de alta energia proveniente de fontes da nossa galáxia e de outras galáxias (raios X e gama, que não penetram a baixa atmosfera) motivou o lançamento de balões estratosféricos em cooperação com equipes francesas. O CNES também se propôs a instalar em Eusébio, no Ceará, equipamentos para rastrear foguetes lançados de Kourou. (Essa atividade foi depois transferida para Natal, e acabou tendo importância apenas marginal para o programa do foguete europeu Ariane.)

O primeiro protocolo de colaboração entre a CNAE e o CNES datava de julho de 1967. Em 1971 a CNAE passou a se chamar INPE, e foi criada a COBAE, comissão interministerial presidida pelo Estado Maior das Forças Armadas, para supervisionar e dirigir a área espacial, na qualidade de órgão complementar do Conselho de Segurança Nacional (CSN). A COBAE não era dotada de quadros técnicos e não tinha capacidade executiva própria. Em dezembro de 1973 a COBAE e o CNES firmaram um memorando de acordo no qual o INPE e o Centro Técnico de Aeronáutica (CTA) do Ministério da Aeronáutica foram designados responsáveis do lado brasileiro pela execução dos projetos da cooperação. Em decorrência, em julho de 1974 o INPE e o CNES assinaram um acordo em que se previam novas missões de balões estratosféricos (houve duas campanhas importantes em 1975-1977), atividades ligadas à geodésia e à teledeteção (observação da Terra) e um estudo sobre o desenvolvimento de pequenos satélites.

O 2º Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT), editado em março de 1976 pelo governo Geisel, incluiu entre 22 "projetos prioritários" listados sob o título de "atividades espaciais" o desenvolvimento de "um satélite científico a ser lançado em colaboração com a França e a realização de pesquisa fundamental sobre os fenômenos da atmosfera superior." Os PBDCTs eram planos complementares aos PNDs dos governos militares. Esses planos, como todos os planos plurianuais brasileiros (infelizmente até os atuais), em sua parte substantiva, em

geral refletiam atividades já em curso e interesses de ministérios (ou mesmo de pessoas ou grupos corporativos influentes) em vez de atender a diretrizes estratégicas de governo. Também não eram levados muito a sério, pois os orçamentos não eram garantidos. Contudo a menção ao projeto do satélite científico e à cooperação francesa no 2º PBDCT é significativa, porque sinalizava uma perspectiva concreta, decorrente de entabulações já havidas entre os dois países. Com efeito, as autoridades brasileiras imaginavam poder dar um salto a frente na técnica espacial no prazo de uns poucos anos com a parceria dos franceses.

A lógica da escolha do parceiro era perfeita. Da parte dos EUA haveria pouco interesse governamental nesse tipo de iniciativa, cujo conteúdo tecnológico já naquela época os preocupava. A França tinha muito mais que ganhar, nos planos estratégico e comercial, com um projeto espacial pioneiro na América do Sul. O governo e a indústria espacial francesa (com forte componente estatal) estavam bem entrosados na consecução de objetivos expansionistas comuns. A França era o país que gozava de mais autonomia perante as superpotências para assumir compromissos conosco, e sua experiência na técnica espacial em meados da década dos setentas já era ampla e comprovada. A Alemanha Ocidental também poderia ser um parceiro idôneo. Dela o Brasil já vinha obtendo colaboração em tecnologias importantes, entre as quais algumas aproveitadas em nossos foguetes de sondagem desenvolvidos no CTA. Mas o Brasil já tinha negociado com a Alemanha um empreendimento muito maior, o malsinado projeto nuclear.

Em julho de 1976 a COBAE e o CNES assinaram um acordo de intenções visando estender a cooperação científica espacial e estudar a viabilidade de "uma missão espacial completa" que o Brasil realizaria com o apoio da França. A primeira fase do acordo previa a preparação de um relatório preliminar sobre o assunto até o final do ano. Isto foi feito pelo CNES, com base no que seus especialistas depreenderam das intenções do Brasil em discussões que tiveram com um número infimo de interlocutores do lado brasileiro, quase todos altos dirigentes.

O relatório tomava assim a feição de proposta, um ante-projeto com alternativas. A falta de um documento técnico de referência da COBAE transparece nas suas primeiras páginas. Ali os autores se reportam aos objetivos brasileiros "*tels que le CNES les a appréhendés*" e em seguida arriscam-se a enumerá-los "*tels qu'ils apparaissent*." A proposta apresentada pelo CNES, que recebeu o nome de Projeto BR1,

comportava a fabricação de três foguetes lançadores (um dos quais ficaria como reserva) e de um protótipo e dois modelos de vôo do satélite. As metas de transferência de tecnologia eram ambiciosas. A realização do lançador brasileiro estaria baseada na tecnologia empregada no desenvolvimento dos lançadores Diamant, versões A, B e BP4, e adotaria uma de três configurações. Em todas elas o primeiro estágio teria propulsão líquida (como no Diamant). O segundo estágio seria de propelente sólido: ou seria o P4 (fornecido mediante autorização do Ministério da Defesa francês, sem a tecnologia, para ser lançado exclusivamente de Kourou), ou um semelhante ao P4 (com o mesmo diâmetro de 1,5 m) a ser desenvolvido no Brasil, ou ainda um diferente, com diâmetro menor (1 m). O terceiro estágio seria baseado no PO7, usado pelo Diamant. A configuração com o segundo estágio P4 francês teria a vantagem de permitir o primeiro lançamento em 5 anos, portanto em 1982, na hipótese de o programa começar em meados de 1977. As outras demandariam 3 a 4 anos a mais, para a qualificação do foguete brasileiro, levando o lançamento (que em tese poderia então ser feito do Brasil) para 1985 ou 1986. O satélite estaria limitado, pela capacidade do lançador, a 150 kg em órbita baixa. O relatório do CNES sugeriu para o satélite brasileiro várias possibilidades, além da missão científica prevista no PBDCT. Esta mudança provavelmente foi aventada por algum interlocutor brasileiro, e teve uma consequência importante. Em pouco tempo tornou-se inexorável a tendência à escolha de missões "de aplicação", voltadas para o atendimento imediato de alguma demanda nacional. Todos

os outros países do mundo adotaram como objetivo de seu primeiro satélite a comprovação da tecnologia, quando muito aliada a experimentos científicos.

A proposta do BR1 apresentou requisitos técnicos, necessidades de recursos humanos e instalações, prazos e orçamentos. O custo em moeda da época foi estimado entre 50 e 120 milhões de dólares, de acordo com a configuração escolhida, sem contar a remuneração de equipes brasileiras, certos investimentos a serem feitos no Brasil, gastos para operação dos satélites em órbita e outros identificados para avaliação posterior. O custo completo, incluídos estes elementos faltantes, provavelmente corresponderia em moeda de hoje à faixa 230-500 milhões de dólares.

Formou-se uma pequena comissão para analisar o BR1, mas nunca houve consenso das autoridades no sentido de dar andamento ao projeto, nem segundo uma das formas sugeridas pelos franceses, nem segundo alguma contraproposta. As dúvidas sobre como deveria ser levada adiante a cooperação e o montante dos desembolsos anuais previstos aliaram-se no sentido de retardar a decisão. Como o engajamento de engenheiros e cientistas brasileiros no estudo aprofundado do problema continuava insignificante, a COBAE só conseguia expressar ao CNES seu interesse permanente na idéia geral e, quanto à substância, perplexidades ou restrições. Com o tempo a solução teria de surgir na forma de uma nova proposta, a ser elaborada em conjunto. Mas isto só se concretizou em 1979.

Encore: o Projeto BR2

Em 1977 a COBAE patrocinou uma reunião no Rio de Janeiro, denominada Seminário de Atividades Espaciais, na qual a idéia da missão espacial completa ganhou alento. Autoridades militares e pessoas da área econômica do governo fizeram pronunciamentos favoráveis. Do lado técnico, o diretor do INPE apresentou resultados dos estudos de que já dispunha sobre o satélite, e os dirigentes do CTA abordaram os pontos que consideravam importantes para o lançador. A essa altura a divisão das responsabilidades para a execução da missão espacial já estava assim fixada. Na verdade havia uma clara determinação dos interessados no sentido de que, do lado brasileiro, houvesse dois projetos, um a cargo do INPE e o outro a cargo do CTA.

Lembro-me de ter começado a participar de discussões sobre o satélite brasileiro algum tempo antes desse Seminário. Eu retornara ao

Brasil em agosto de 1975, após curso de doutorado nos EUA. Nelson Parada, que assumira a direção do INPE em abril de 1976, formou um grupo para trabalhar sobre os dados disponíveis. À medida que agregava participantes e aprofundava o conteúdo técnico das discussões, o INPE criava condições para uma interação mais proveitosa com os parceiros franceses. Entretanto quase não havia contacto direto do pessoal do INPE com especialistas de outras instituições brasileiras que poderiam contribuir. O CTA, que já desenvolvia foguetes de sondagem, mantinha relações de fomento industrial com empresas fornecedoras, mas seu trabalho de concepção da missão espacial também era fechado.

Os entendimentos das autoridades para a retomada da cooperação com a França prosseguiram ao longo de 1978. Programou-se um trabalho conjunto de equipes técnicas, que

foi levado a cabo com sucesso no ano seguinte. O objetivo continuava a ser a elaboração de uma proposta de "missão espacial completa" para posterior consideração e aprovação do governo brasileiro. O novo projeto, denominado BR2, aproveitou a maior parte das idéias do BR1, mas adotou alguns conceitos novos. Suas "hipóteses de base" foram postas no papel na primeira reunião conjunta, em março de 1979. O prazo previsto para o lançamento do primeiro satélite brasileiro era de seis anos e meio, contados a partir da decisão do governo, mas seria estudada a redução desse prazo para cinco anos e meio. O lançador teria três estágios, o primeiro a propelentes líquidos e os dois menores a sólidos, como no BR1, mas agora seria desenhado para pôr mais de 250 kg em órbita baixa. Seriam feitos três lançamentos, em princípio todos de Natal. Não obstante, a construção de uma nova base de lançamentos em outro ponto do Brasil e o uso provisório da base de Kourou também seriam considerados. Os três satélites seriam projetados para uma vida útil de dois anos, destinar-se-iam à coleta e retransmissão de dados ambientais e à observação da Terra (sensoreamento óptico), e um deles ficaria em órbita hélio-síncrona e seria estabilizado sobre os três eixos! As transferências de tecnologias deveriam ser suficientes para permitir que pelo menos metade do custo dos três lançadores e dos satélites fosse despendido no Brasil.

Foram formados cinco grupos de trabalho. O Grupo Síntese fazia a coordenação técnica e orientava os demais. Do lado brasileiro, compunham o Grupo Síntese quatro representantes do CTA, liderados pelo coronel Hugo Piva, e quatro do INPE, liderados por Nelson Parada. Entre estes últimos estava Rege Scarabucci, que foi gerente do projeto dos satélites no INPE nessa fase inicial. Os grupos-fins principais eram o Grupo Lançador e o Grupo Satélite. Havia ainda um Grupo Organização Industrial e um Grupo Base de Lançamento. Na discussão das necessidades de tecnologias e meios materiais, que serviria de base para a negociação de transferências e definição da implementação industrial no Brasil, participaram, do lado francês, além dos especialistas do CNES, representantes de empresas. Duas empresas designadas para liderar esse processo, a Aérospatiale (SNIAS) e a Société Européenne de Propulsion (SEP), formariam um consórcio. Contudo a interação com empresas brasileiras e não chegou a avançar muito além das visitas de avaliação.

De março a julho de 1979 a atividade dos grupos foi intensa, especialmente na análise de alternativas e detalhamento técnico do lançador e dos satélites. O Grupo Satélite, do qual fiz parte, foi o mais numeroso. Cobria não apenas os três satélites, mas também os meios de solo

necessários para sua montagem, integração, testes, rastreamento e controle em órbita, bem como os meios para a recepção e aproveitamento dos dados. Dele participaram dezesseis engenheiros do INPE e oito do CNES. O Grupo Satélite trabalhou quatro meses no Centro Espacial de Toulouse (até junho) e em seguida veio para São José dos Campos, onde convergiram todos os grupos para a etapa final do estudo conjunto.

No final de julho estava pronto o anteprojeto da missão espacial completa, documentado em extenso relatório, com definições técnicas, planos para o desenvolvimento e industrialização, cronogramas e estimativas de custos. O trabalho produziu um resultado satisfatório, sob os aspectos técnico e programático, dentro do escopo geral das hipóteses de base. Contudo as discussões também tinham explicitado diferenças de opinião entre os dois lados sobre como realizar o projeto.

O custo da missão seria elevado, muito maior do que o antes estimado para o BR1. Dispendios de grande monta teriam de ser feitos na França, principalmente na fase inicial de desenvolvimento, ensaios e industrialização do lançador (a transferência dos meios de produção para o Brasil teria de ser gradual). O aumento do desempenho, introduzido nas hipóteses de base para atualizar o empreendimento e atender à ambição de maior avanço tecnológico, naturalmente o tornava mais caro. A maior dificuldade, no entanto, estava na concepção do lançador. O uso da propulsão líquida no primeiro estágio, natural em um projeto dessa natureza e já prevista no BR1, implicava desafios inteiramente novos para o CTA, que só tinha experiência em propulsão sólida (usada em foguetes de sondagem e preferível nas aplicações da indústria nacional de mísseis táticos). Para o BR2 seria necessário desenvolver um primeiro estágio de 40 toneladas e 2,2 m de diâmetro carregado de propelentes não-criogênicos hipergólicos (tetróxido de nitrogênio e dimetil-hidrazina assimétrica) que alimentariam um motor Viking V. Tratava-se de uma solução bastante convencional, porém os investimentos em infra-estrutura e pessoal especializado que teriam de ser feitos para realizar esse tipo de lançador, com a absorção da tecnologia francesa que nos seria transferida, eram motivos de preocupação.

Diante dessas dificuldades, o CTA e o INPE foram incumbidos de estudar uma alternativa para o anteprojeto que tinham feito com os franceses. As principais diretrizes para o novo estudo eram reduzir o custo em divisas e adaptar a missão para que o Brasil pudesse realizá-la com mais autonomia quanto ao uso

de tecnologia do exterior. Seria aceito um desempenho mais modesto, mas as características qualitativas da missão deveriam ser preservadas tanto quanto possível. Isto se traduzia no seguinte: reprojeter o lançador dando-lhe um primeiro estágio a propelente sólido, reprojeter os satélites tendo em conta que agora seria menor a massa que se conseguiria por em órbita, e preservar as aplicações de coleta de dados e sensoriamento remoto.

O novo estudo, feito pelos engenheiros brasileiros, em pouco tempo esboçou uma alternativa de anteprojeto que se poderia contrapor ao BR2 para uma decisão política. A missão teria quatro lançamentos de satélites, dois de coleta e retransmissão de dados e dois de observação da Terra, com massas entre 100 e 150 kg.

O Segundo (e último) Seminário de Atividades Espaciais da COBAE, reunido em novembro de 1979 na sede do INPE, em São José dos Campos, foi um evento memorável para todos que pudemos assisti-lo, mesmo sem dar um pio. Apesar da designação de seminário, tratava-se de uma reunião deliberativa formal dos representantes dos ministérios, em sua maioria militares da ativa ou da reserva, sob a presidência do chefe do EMFA. Foram examinados os projetos do chamado Programa Nacional de Atividades Espaciais, que previa verbas até para desenvolver mísseis táticos testados na restinga de Marambaia (a disputa desses recursos chegou a provocar exaltada discussão entre representantes do Exército e da Força Aérea). Contudo, de todas as questões da agenda, sem dúvida a mais importante era aquela relativa à missão espacial completa: seria ela feita em parceria com os franceses ou sob inteira responsabilidade dos brasileiros? Sobre esta questão não houve controvérsia no plenário – a

decisão já tinha sido tomada, até certo ponto estava encaminhada quando se encomendara o estudo alternativo. Foram apresentados os principais argumentos a favor deste, enfatizando o lado financeiro e a economia de divisas, e ficou então resolvido que a COBAE submeteria ao presidente da República a proposta da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB).

A decisão das autoridades brasileiras de realizar seu grande projeto espacial sem a parceria francesa não implicou ruptura do relacionamento, por mais que tenha decepcionado expectativas alimentadas há bastante tempo. Desde 1976 o Brasil tivera o cuidado de caracterizar todos os entendimentos e trabalhos feitos em conjunto (bem como o apoio do CNES à formação de pessoal dos institutos espaciais brasileiros) como passos para elaboração de uma proposta que seria, em última instância, avaliada pelo nosso governo. As razões apresentadas aos franceses tinham substância, não poderiam ser consideradas meros pretextos de negociador *pas sérieux*: o custo do projeto era muito elevado e faltavam garantias (que o lado brasileiro insistira em obter de antemão e de forma irrevogável) quanto à transferência de tecnologias críticas e viabilidade da instalação dos meios para fabricação e testes em território brasileiro. Por outro lado, estava claro que os franceses não sancionariam a idéia do lançador com primeiro estágio a propelente sólido.

Da parte do CNES, e especialmente da indústria francesa, haveria todo o interesse em continuar ligados ao projeto brasileiro, agora sem compartilhar da responsabilidade pelo seu sucesso, mas ainda, de alguma forma, como colaboradores privilegiados. Essa expectativa concretizou-se em parte no desenvolvimento de satélites pelo INPE e, em grau menor, no trabalho do CTA.

A Contribuição Francesa para a MECB

O presidente Figueiredo aprovou a proposta da MECB em 1980, mas a execução ficou condicionada ao orçamento, que não era suficiente. Os recursos de que o INPE dispunha para esse fim eram irrisórios. O CTA contava com certo montante (conseguido através do CSN) destinado ao desenvolvimento, já em curso, de foguetes de sondagem. Isto lhe permitiria continuar um trabalho com resultados aplicáveis no futuro veículo lançador de satélites (VLS, como passou a ser chamado), de cujo desenho fariam parte motores-foguetes de aço semelhantes aos do Sonda 4. Todavia essa verba era insuficiente para investir no próprio VLS.

Em março de 1981 a área financeira do governo federal finalmente entendeu-se com a COBAE (na prática, com o Ministério da Aeronáutica e o CNPq) visando preparar planos realistas para a aplicação de recursos na MECB. Mesmo sem indicação segura das disponibilidades futuras, o CTA e o INPE esboçaram propostas de orçamentos, do ano corrente até o ano do lançamento do quarto satélite. A divisão do investimento entre o CTA (lançador e base de lançamento) e o INPE (satélites, segmento de solo dos satélites e aplicações) manter-se-ia na razão de 2 para 1, aproximadamente. Foram preparadas três

opções de cronograma: a mais acelerada (que já se imaginava de antemão seria descartada), a intermediária (que se esperava fosse escolhida) e a mais demorada (com um dispêndio total tão elevado a ponto de torná-la desinteressante). De fato, prevaleceu na escolha das autoridades a *aurea mediocritas*. Mas não havia muito que ganhar nesse jogo: os orçamentos anuais não seriam atribuídos de acordo com o plano. O importante da decisão foi a dilatação oficial dos prazos. O lançamento do primeiro satélite foi adiado de 1986 para 1989, e o derradeiro ficou previsto para 1993. De positivo, pelo menos naquele momento encarou-se com seriedade a questão do cronograma, coisa que depois a COBAE furtou-se de voltar a fazer até o fim da década, mesmo quando se tornou gritante a necessidade de revisão.

Não cabe aqui contar o resto da história do projeto MECB até hoje, antes devo ater-me à participação da França. Quanto ao lançador, o CTA continuou a manter contacto com os franceses, num quadro de relacionamento que incluía empresas e instituições de vários países, sem faltar os EUA, para o suprimento externo de materiais críticos (como compostos refratários de alto desempenho para tuberias), sistemas (como os de guiagem e controle) e serviços especiais (como o tratamento térmico de grandes cilindros de aço para motores-foguetes). A nacionalização desses materiais e processos estratégicos foi lenta. O desenvolvimento do VLS, já combatido em função de problemas endógenos, a partir de 1987 foi prejudicado pelo aumento da dificuldade de importar dos países signatários do Missile Technology Control Regime (MTCR), entre os quais a França. Cabe ainda mencionar que antes dessa fase os franceses forneceram alguns sistemas, em particular radares, para rastrear foguetes das bases de lançamento.

A contribuição francesa ao desenvolvimento dos satélites e sistemas de solo da MECB que ficaram a cargo do INPE foi bastante significativa, não tanto no fornecimento de materiais e equipamentos, mas principalmente pela valiosa assistência prestada em três

atividades do nível gerencial. Cumpre ressaltar de início que a execução do projeto, tanto no INPE como no CTA, sempre esteve sob inteiro controle e responsabilidade dos brasileiros, e o domínio tecnológico no setor espacial, desde o nível de sistemas até o de equipamentos, não é hoje menor do que em alguns outros menos sofisticados e mais tradicionais no Brasil. Não obstante, a partir de 1985, quando se acelerou o desenvolvimento do primeiro satélite nacional, o SCD1, o INPE contratou a empresa Aerospatiale para fornecer assistência especializada à gerência do projeto e a algumas equipes de engenharia, mediante consultores que cumpriram missões objetivas, de curta duração. Essa assistência foi útil e eficaz para completar o que faltava de experiência aos nacionais, corrigir alguns erros e confirmar muitos procedimentos, a um custo que ficou na faixa das centenas de milhares de dólares. Outra linha de assistência técnica foi contratada com a Intespace, empresa ligada ao CNES e à indústria francesa, especializada em meios de testes simuladores do ambiente espacial. A Intespace (sucessora da Sopemea) colaborou no projeto do Laboratório de Integração e Testes (LIT) do INPE e acompanhou com os engenheiros brasileiros a sua instalação e operacionalização. O LIT foi inaugurado em 1987, e desde então continua a expandir sua capacidade, acumulando um investimento direto da ordem de 35 milhões de dólares. Finalmente, mediante acordos de cooperação já existentes, o CNES forneceu vários dos seus melhores especialistas para participar de bancas examinadoras nas reuniões formais de avaliação (*design reviews*) do projeto dos satélites e do segmento de solo em suas várias etapas, começando com a Preliminary Design Review do SCD1, em meados de 1986, na qual a contribuição dos engenheiros franceses foi inestimável.

Engenheiros e técnicos brasileiros fizeram estágios de formação e treinamento no CNES, em empresas francesas e em centros da ESA em vários países. A ESA colaborou na definição do segmento de solo para rastreamento e controle dos satélites da MECB.

Perspectivas para o Relacionamento Bilateral

A cooperação entre o Brasil e a França no campo espacial ao longo dos últimos vinte anos não esteve limitada ao que ficou acima resumido. Além dos estudos e planos para o programa conjunto de foguetes e satélites, que acabou não sendo realizado, e a par da participação que os franceses efetivamente tiveram na MECB, houve colaboração em vários projetos de investigação científica,

desenvolvimento de aplicações (por exemplo, o processamento e uso de imagens dos satélites SPOT), intercâmbio de pessoal e fornecimento de equipamentos. No campo comercial, os consórcios liderados pela indústria francesa não lograram sucesso nas concorrências abertas pela Embratel para fabricação dos satélites geoestacionários de comunicações da série Brasilsat, perdendo para concorrentes

norte-americanos, que ofereceram preços mais vantajosos. Em compensação, a Arianespace foi aquinhoadada com os contratos para lançamento de todos esses satélites.

Não haveria espaço suficiente aqui para tratar a fundo destas e de outras dimensões do relacionamento entre os dois países no campo espacial. Menos ainda haveria para enveredar na discussão de um tema correlato, a tecnologia e o comércio de armamentos, sem dúvida relevante (por seu peso econômico e nocivas influências subterrâneas) para uma análise mais completa das condições em que se desenvolveu entre nós a exploração pacífica do espaço. Antes, convém abordar, ainda que brevemente, as oportunidades que temos no presente e no futuro imediato.

A criação da Agência Espacial Brasileira (AEB) em 1994 pôs o Brasil em pé de igualdade, sob o aspecto institucional formal, no relacionamento com os países mais adiantados de regime democrático. Nestes dois anos o Brasil assinou grande número de acordos de cooperação com agências espaciais de todo o mundo, em muitos casos renovando e estendendo um relacionamento preexistente. Assim fizemos recentemente com a França. Entre as novas iniciativas encetadas com este país merece destaque o projeto de um pequeno satélite (de menos de 100 kg) que poderá ser feito em conjunto. O satélite levaria uma carga útil científica brasileira, a ser fornecida por um ou mais grupos nacionais, dentre os que responderem a um anúncio de oportunidade recentemente divulgado pelo INPE e Academia Brasileira de Ciências. A carga útil francesa talvez se destine a fazer um experimento tecnológico de frenagem aerodinâmica no perigeu de uma órbita de grande excentricidade (nesse caso seria aproveitada uma órbita de transferência em um lançamento comercial do foguete Ariane). Talvez tenhamos assim, vinte anos mais tarde, uma missão espacial em conjunto com a França.

Infelizmente é muito mais difícil conseguir um intercâmbio tecnológico proveitoso na área de foguetes do que na de satélites. Não é necessário expor as razões, basta dizer que as principais não se situam no plano comercial. A França e os demais países não precisariam se preocupar com o Brasil tornar-se no futuro próximo um concorrente imbatível no mercado de lançamentos! A substituição da COBAE pela AEB facilita todo tipo de relacionamento externo, mas nos tempos atuais não se deve ter

grandes expectativas de cooperação em tecnologias de uso duplo (que têm aplicação bélica), ainda mais quando o intercâmbio envolveria um centro de pesquisas sob administração militar (o CTA). Sem embargo, todo esforço deve ser feito para obter apoio externo para um programa vital para nosso futuro na exploração espacial, o qual, de todo modo, hoje como antes, deveria ser conduzido com base no esforço interno do país (mas de forma aberta, aproveitando melhor o enorme potencial da área civil). No mundo ocidental, as melhores possibilidades para alguma cooperação ou fornecimento estratégico na área de foguetes podem ainda estar na França, mas é preciso que nos advirtamos de que todo investimento em aquisição de tecnologia requer um esforço de capacitação compatível do lado receptor.

Pode surpreender que este ensaio se refira mais aos países e às instituições governamentais do que à iniciativa privada das empresas e sociedades científicas brasileiras e francesas. A importância dos investimentos privados na área espacial tem aumentado muito, primeiro no domínio comercial (comunicações por satélites, indústria de lançamentos) e mais recentemente até em setores não-lucrativos (aplicações de interesse ecológico, serviços humanitários). No entanto, em todo o mundo, a maior parte dos investimentos dessa área provém direta ou indiretamente dos estados, e não de fontes privadas. Mais relevante para o futuro das relações do Brasil com a França é pensarmos sobre como os investimentos públicos podem catalizar um avanço da indústria brasileira, talvez incentivando parcerias de autêntico conteúdo tecnológico com empresas do exterior.

Fundamental é também o papel regulador do estado nas iniciativas comerciais de capital privado na área espacial, salvaguardando o interesse público internamente e defendendo o interesse nacional no relacionamento externo das empresas. Trata-se aqui, principalmente, dos serviços de comunicações, onde é iminente a introdução de novos sistemas para telefonia móvel e difusão de TV por satélites de órbita baixa e geoestacionários. É necessário que o governo defina com clareza sua política para esses sistemas, atentando à complexidade dos aspectos técnicos e à rápida evolução tecnológica. Também deve ficar explícita uma forma de atuação entrosada do Ministério das Comunicações com a AEB.

Epílogo

Na imaginação humana a exploração do espaço exterior certamente começou na pré-história, com a contemplação de um céu fascinante, misterioso e intangível. Muito mais tarde, já na antiguidade histórica, os primeiros povos civilizados aprenderam a descrever e prever com admirável precisão os movimentos aparentes do Sol, da Lua e dos planetas. Todavia o Universo permaneceria dividido entre Céu e Terra até a Idade Moderna. Os experimentos de Galileu começam então a desvendar as leis que regem o movimento dos corpos materiais na superfície da Terra e, passada uma geração, o gênio de Newton deixa patente que os corpos celestes (entre os quais a própria Terra) estão sujeitos a essas mesmas leis.

A unidade física do cosmo é, portanto, uma constatação recente, muito embora tenha sido prenunciada pelos atomistas gregos (haverá alguma coisa importante que não tenha sido cogitada por algum filósofo grego?). É a partir do Século XVII que a humanidade começa a acumular conhecimento científico sobre o espaço exterior, desencadeando um processo aparentemente irreversível, que se acelera no Século XX a um ritmo quase inacreditável. Todavia descobrimos a cada dia que o mistério do Universo é maior do que imaginávamos. Subjacente a tudo permanece o nó epistemológico do mistério, que tanto impressionou Einstein: por que o Universo é acessível à investigação humana? A chave estaria na origem transcendente que temos em comum com o Universo. Mas aqui nem todos enxergam a navalha de Occam cortando do mesmo modo. Dizemos então que é uma questão de fé.

Volto ao *ta/weg*. Também é do nosso tempo, da geração atual, esse acontecimento extraordinário, prenunciado desde a antiguidade em especulações e obras de ficção, a chegada de artefatos e até mesmo de seres humanos ao espaço exterior. A verdadeira exploração do cosmo, levada a cabo não mais apenas com os olhos e a inteligência,

começou há menos de quarenta anos, como dissemos no prólogo, e ninguém sabe até onde ela nos levará.

Pois bem, tendo já reconhecido que não nos é possível estimar com precisão os desdobramentos do progresso científico e tecnológico para a sociedade humana como um todo no Século XXI, e em particular prever as consequências culturais, sociais e políticas da exploração do espaço, é imperativo assinalar, por outro lado, que podemos ter certeza, sim, de que os povos que se mantiverem à margem desse processo de desenvolvimento sofrerão dele todas as consequências, como vítimas passivas, sem compartilhar a plenitude dos benefícios. Em tudo que se refere à explosão do conhecimento e do poder decorrente do conhecimento (o *saber* e o *poder fazer* de que temos falado) há uma inexorável globalização das consequências, não por desígnio de dominadores, mas pelas características intrínsecas do processo. Então, mesmo sem sabermos exatamente que tipo de rota temos pela frente, devemos nós, brasileiros, tomar o timão da nossa espaçonave.

Todos nós -- cidadãos, comunidade científica, parlamento e governo -- ainda estamos dando atenção insuficiente à necessidade de educação da juventude para o mundo contemporâneo e de fortalecimento do país em ciência e tecnologia. Na área espacial, precisamos aproveitar melhor o potencial de que dispomos, amealhado com dificuldades no passado recente. Quase sempre se discute esta questão enfocando como requisito premente um substancial aumento dos gastos públicos. Na verdade é preferível antes fazer uma avaliação crítica da situação dos nossos projetos espaciais e da forma pela qual vêm sendo coordenados, financiados e executados pelas entidades governamentais. Aproveitando a experiência de outros países e a perspectiva da nossa própria história, havemos de achar caminhos novos para progredir muito mais nessa área, de forma eficiente e econômica.

Referências

1. CNAE, *Quem Somos e Que Fazemos*, boletim informativo, julho 1970, São José dos Campos.
2. Presidência da República, *Segundo Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*, adotado em 31/3/1976, Brasília.
3. CNES, *Études Préliminaires BR1, Tome 1: Synthèse, Tome 2: Lanceur, Tome 3: Satellite*, dezembro 1976, Toulouse.
4. INPE, CTA e CNES, *Comptes-Rendus des Réunions du Groupe Synthèse BR2*, março, maio e julho 1979, São José dos Campos e Toulouse.

5.CNES, *Rapport Annuel d'Activité 1994*, Paris e Toulouse.