



DESAFIOS DO PROGRAMA
ESPACIAL
BRASILEIRO

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS

DESAFIOS DO PROGRAMA
ESPACIAL
BRASILEIRO

BRASÍLIA, 2011



Presidência da República
Presidenta Dilma Rousseff

Secretaria de Assuntos Estratégicos
Ministro Wellington Moreira Franco

Secretaria de Assuntos Estratégicos
Bloco O – 7º, 8º e 9º andares
CEP: 70052-900 Brasília, DF
<http://www.sae.gov.br>

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS

DESAFIOS DO PROGRAMA
ESPACIAL
BRASILEIRO

Coordenação

Maj Brig R1 Whitney Lacerda de Freitas

Equipe técnica

Cel Alípio Ávalos Lopes

Cel Renato Yassuo Tamashiro

Ten Cel R1 Cássio Antônio Rocha Bastos

Ana Paula Saad Calil

Projeto gráfico e diagramação

Rafael W. Braga

Bruno Schürmann

Revisão

Luis Violin

Sarah Pontes

Tiragem

3.000 exemplares

Catálogo na fonte Biblioteca da Presidência da República.

B823d

Brasil. Presidência da República. Secretaria de Assuntos Estratégicos.
Desafios do Programa Espacial Brasileiro / Secretaria de Assuntos
Estratégicos. – Brasília : SAE, 2011.
276p.

I. Título. 1. Programa Espacial Brasileiro. 2. Exploração Espacial - Brasil.

CDU 52(81)

As opiniões, os argumentos e as conclusões apresentados nos documentos que compõem esta publicação são de inteira responsabilidade dos autores e não expressam necessariamente a opinião da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.

DESAFIOS DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	7
CONFERÊNCIA DE ABERTURA: SAMUEL PINHEIRO GUIMARÃES	11
PAINEL 1: SATÉLITES E APLICAÇÕES	
ARTIGOS	
Alternativas de financiamento e parcerias internacionais estratégicas no setor espacial Himilcon de Castro Carvalho	17
Desafios estratégicos do Programa Espacial Brasileiro Otavio Santos Cupertino Durão e Décio Castilho Ceballos	41
A atividade espacial e o poder de uma nação Walter Bartels	59
Desenvolvimento de satélite de sensoriamento remoto de alta resolução César Celeste Ghizoni	81
PALESTRAS	
O acesso independente ao espaço Thyrso Villela Neto	111
Inpe, uma história de sucesso Gilberto Câmara Neto	115
Satélites e comunicações militares Paulo Mourão Pietroluongo	119

PAINEL 2: VEÍCULOS LANÇADORES DE SATÉLITES E SUA INFRAESTRUTURA

ARTIGOS

Os desafios e a estratégia brasileira de acesso ao espaço 125
Francisco Carlos Melo Pantoja e Carlos Antonio de Magalhães Kasemodel

Os novos materiais e a tecnologia espacial no Brasil 139
Carlos Alberto Alves Cairo

O desafio da propulsão líquida – tecnologia estratégica para o Brasil 161
Avandelino Santana Junior

Um novo rumo para a aceleração do desenvolvimento de veículos
lançadores de médio e grande porte no Brasil 191
Mario Niwa

Fomento e apoio ao desenvolvimento da capacidade industrial, atendimento às
demandas de fabricação dos projetos espaciais 219
Célio Costa Vaz

PALESTRAS

O projeto Cyclone-4, da Alcântara Cyclone Space, e a crise das políticas estratégicas 241
Roberto Amaral

A infraestrutura dos lançamentos 249
João José Silva Tavares

Estratégia de formação, capacitação, treinamento operacional e retenção de recursos humanos 253
Reginaldo dos Santos

PRINCIPAIS IDEIAS DEBATIDAS 259

REFLEXÕES SOBRE O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO 267
Luiz Alfredo Salomão

APRESENTAÇÃO

Com vistas a cumprir sua atribuição de realizar estudos e pesquisas destinados a promover o planejamento governamental de longo prazo e a contribuir para a implementação da Estratégia Nacional de Defesa, a Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE) criou o programa “Encontros da SAE”.

No âmbito desse programa, a SAE promove reuniões técnicas, seminários e oficinas de trabalho visando aprofundar o entendimento de temas considerados estratégicos para o desenvolvimento socioeconômico e para a segurança nacional. Entre os assuntos examinados ao longo de 2010 estão: a segurança da Amazônia e a “Amazônia Azul”; o planejamento das políticas nuclear, espacial e de tecnologia da informação e comunicação; o aperfeiçoamento da doutrina naval brasileira; as estratégias para a segurança e o desenvolvimento do Brasil; e a cooperação sul-americana na área de defesa.

No dia 21 de julho, em Brasília, teve lugar a reunião técnica intitulada “Rumo a 2022: desafios estratégicos do programa espacial brasileiro”, com o objetivo de estudar e debater os componentes do programa espacial completo: (a) os satélites e suas aplicações; e (b) os veículos lançadores de satélites e sua infraestrutura.

Tratou-se de se estabelecer amplo diagnóstico do programa espacial brasileiro: reconhecer a capacidade instalada; mapear as iniciativas de expansão em curso, incluindo as parcerias internacionais; analisar mecanismos que estimulam a participação da indústria nacional visando à sua maior qualificação e ao consequente aumento da competitividade no cenário internacional; e, ainda, identificar necessidades e obstáculos para se alcançar os objetivos pretendidos pelo governo brasileiro no campo espacial, tendo como horizonte o ano de 2022, bicentenário da independência do Brasil.

O evento foi organizado na forma de painéis e contou com a presença do ministro de Assuntos Estratégicos, Samuel Pinheiro Guimarães, e do secretário-executivo da SAE, Luiz Alfredo Salomão. Além deles, as seguintes autoridades apresentaram sua visão sobre as questões estratégicas do setor espacial:

Do Ministério da Defesa (MD):

- subchefe de Comando e Controle do MD, Cel Eng Paulo Mourão Pietroluongo

Do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA):

- reitor do ITA, Ten Brig R1 Reginaldo dos Santos

Do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE):

- diretor do IAE, Brig Eng Francisco Melo Pantoja
- vice-diretor do IAE, Cel Eng Carlos Antônio de M. Kasemodel
- chefe da Divisão de Propulsão Espacial do IAE, Cel Av Avandelino Santana Junior
- chefe da Divisão de Materiais do IAE, Dr. Carlos Alberto Alves Cairo

Da Agência Espacial Brasileira (AEB):

- diretor de Política Espacial e Investimentos Estratégicos da AEB, Dr. Himilcon de Castro Carvalho
- diretor de Satélites, Aplicações e Desenvolvimento da AEB, Dr. Thyrso Villela Neto
- diretor-adjunto de Transporte Espacial e Licenciamento da AEB, Cel R1 João Silva Tavares

Do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe):

- diretor do Inpe, Dr. Gilberto Câmara Neto
- coordenador de Planejamento do Inpe, Dr. Otavio Santos Cupertino Durão

Do setor privado:

- ex-ministro de Ciência e Tecnologia e diretor-geral brasileiro da Alcântara Cyclone Space, Sr. Roberto Amaral
- diretor da Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil, Eng. José de Sá Carvalho Júnior
- diretor de Assuntos Internacionais da Oi, Dr. Luiz Francisco Tenório Perrone
- presidente da Equatorial Sistemas S/A, Dr. Cesar Celeste Ghizoni
- diretor da Orbital Engenharia Ltda., Dr. Célio Costa Vaz

No total, cerca de 60 pessoas participaram da reunião, provenientes de ministérios, autarquias, Forças Armadas e órgãos com interesse no tema.

Os painéis abordaram temas transversais relativos à área espacial, com ênfase em assuntos específicos. Os participantes produziram diagnósticos sintéticos dos temas em debate e apontaram, objetivamente, o que se lhes afigurava como desafios mais relevantes e estratégias de ação mais eficazes para se desenvolver o programa espacial brasileiro.

Como resultado concreto desse exercício, esta obra tem por objetivo compilar e divulgar os trabalhos produzidos no evento. O livro reúne artigos técnicos, assinados pelos especialistas, e memória escrita das palestras, posteriormente revisada pelos autores. Coube aos convidados escolher, a partir de seu interesse pessoal, de que forma contribuir para a publicação.

CONFERÊNCIA DE ABERTURA

*Samuel Pinheiro Guimarães**

As questões aeroespaciais são de especial interesse para a SAE. A área aeroespacial é uma das três áreas – as outras são a nuclear e a de tecnologia da informação – definidas como estratégicas pelo presidente da República na Estratégia Nacional de Defesa. Essas são as três únicas áreas que o Poder Executivo definiu formalmente como estratégicas. Há outras áreas de grande importância para a sociedade e o Estado brasileiros, mas definidas como estratégicas são essas três. Essa definição é muito oportuna e muito correta e, em todos os países de porte semelhante ao do Brasil, há uma atenção muito especial para essas áreas.

As questões aeroespaciais referem-se à forma de observar, a distância, as atividades humanas e as atividades da natureza. Essa é a questão. Um satélite serve a esses objetivos. Não vou referir-me aos objetivos militares com os satélites, mas aqui registro que essas atividades militares são de grande importância. Em princípio, mesmo os objetivos militares com os satélites referem-se à observação da atividade humana – civil ou militar – e também às atividades da natureza.

* Diplomata, bacharel em Direito pela Faculdade Nacional de Direito da Universidade do Brasil/RJ; mestre em Economia pela Boston University. Foi assistente da Secretaria-Geral Adjunta para o Planejamento Político; diretor-adjunto do Instituto Brasileiro de Relações Internacionais; assistente e assessor do Gabinete do Ministro de Estado das Relações Exteriores; professor de Comércio Internacional da Universidade de Brasília; conselheiro na Missão junto às Nações Unidas em Nova Iorque; chefe da Divisão Econômica da América Latina; presidente da Comissão Nacional para a Aladi; ministro-conselheiro na Embaixada em Paris; diretor do Instituto de Pesquisa de Relações Internacionais; coordenador da Escola de Políticas Públicas e Governo da Universidade Federal do Rio de Janeiro; professor do Curso de Mestrado em Direito da Universidade Estadual do Rio de Janeiro; secretário-geral das Relações Exteriores e ministro de Estado de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Atualmente é alto representante-geral do Mercosul.

Os satélites têm amplíssima gama de utilização civil, que vai desde as atividades relativas à utilização do solo – não só na agricultura, mas também na ocupação urbana, como a expansão das cidades – até às questões ambientais, às questões relacionadas à Zona Econômica Exclusiva (ZEE), ao zoneamento econômico-ecológico, à previsão meteorológica. A utilização de satélites é essencial para todas essas atividades e também para todos os tipos de comunicação – desde as comunicações civis às comunicações militares, para todo o controle do espaço aéreo e dos sistemas de navegação civil e militar. Enfim, os satélites são importantes para a vigilância das fronteiras, das atividades humanas nas fronteiras, tais como o contrabando, o tráfico de drogas e de armas.

Há a questão dos veículos lançadores, que servem para levar satélites de natureza civil ou militar, em suas múltiplas aplicações, ou para levar cargas, civis ou militares. Algumas cargas podem ser proibidas legalmente, como o são as nucleares. Todavia, os foguetes podem levar cargas militares que não são de armas de destruição em massa, não são de explosivos nucleares. O Brasil assumiu certos compromissos no MTCR (Missile Technology Control Regime = Regime de Controle de Tecnologia de Mísseis), e assim estamos limitados ao desenvolvimento de lançadores de alcance de 300 km.

O Brasil tem, no campo espacial, desafios muito grandes. Em realidade, os desafios para desenvolver qualquer atividade humana são dois somente: o desafio dos recursos humanos e o dos recursos para a construção de instalações e equipamentos. Como formar as pessoas, como formar os técnicos, como formar os professores, como atrair jovens para essas atividades, para que a elas se dediquem; e também como dispor dos recursos, já que essa é uma atividade que não se resume apenas à atividade individual, mas é vinculada a equipamentos de custo muito elevado, desde os grandes computadores aos equipamentos para a construção de satélites, para o lançamento de veículos, para a construção das plataformas. São recursos muito significativos. Esses são, na realidade, desafios muito grandes. Há os desafios técnicos, tecnológicos, de conhecimento, mas certamente, sem os recursos humanos e financeiros, dificilmente se pode vencê-los.

A estratégia de desenvolvimento por meio do esforço próprio é vital, já que, nessa área, a transferência de tecnologia sempre é muito difícil e obstaculizada. Há a necessidade de desenvolver os equipamentos, de desenvolver conhecimento no Brasil, assim como há necessidade, eventualmente, para permitir a aceleração desse processo de aquisição de conhecimento, de celebrar acordos com outros Estados que estejam dispostos a efetivamente promover a transferência de tecnologia. Essa é uma estratégia que está em curso. Há acordos de colaboração com diversos países, em distintos níveis e atividades,

tal como o acordo com a Ucrânia. Essas são iniciativas que têm de ser conduzidas com habilidade, de forma que haja real transferência de conhecimento.

Em toda a atividade espacial, o Brasil tem uma situação privilegiada, que decorre de nossa localização geográfica. Detemos uma localização geográfica extremamente favorável ao lançamento de satélites. Há uma vantagem natural, que não aproveitamos ainda, apesar dos esforços de todos os pioneiros que se dedicaram a essa tarefa. Ainda não conseguimos utilizá-la plenamente não só para o lançamento de satélites de nosso interesse, como também para a exploração comercial, já que há interesse de outros países em utilizar a localização geográfica em Alcântara para lançamento de satélites.

Há um aspecto científico muito importante na utilização de satélites, além daqueles que havia mencionado, a observação das atividades humanas e natureza e o uso militar. Há uma série de experimentos científicos e tecnológicos que somente podem desenvolver-se no espaço, em situação de redução de gravidade.

É necessário mencionar a questão do nosso sistema de comunicações e o fato de que os satélites que hoje utilizamos para o nosso sistema de comunicações, tanto civis como militares, são controlados por companhias estrangeiras. Essa situação traz em si um risco de segurança civil e militar. Portanto, há necessidade de dispormos de satélites de comunicações controlados por empresas ou pelo Estado brasileiro.

Temos, então, estes dois desafios: como obter os recursos financeiros e como obter os recursos humanos, como recrutar e treinar as pessoas, o que também é um desafio financeiro, já que são necessários recursos para atrair as pessoas, pagar salários adequados, estimulá-las e fazer que disponham dos equipamentos necessários às suas atividades.

Temos de meditar sobre as razões das dificuldades em obtermos recursos, já que temos uma localização privilegiada, já que existe um mercado, já que há questões de segurança, já que a utilização de satélites é vital para as atividades econômicas em geral. O Programa Espacial Brasileiro não dispõe dos recursos necessários em parte porque, ao contrário de outros setores da sociedade, não há um grupo de interesse social suficientemente forte e capaz de fazer que, na alocação de recursos orçamentários, os recursos para o programa sejam significativos e suficientes. Outros setores da sociedade, como o setor ruralista, conseguem. Não estou afirmando que a agricultura não tem importância, pois certamente

tem, mas esse setor consegue recursos extremamente vultosos para os seus planos de safra, para renegociar dívidas e assim por diante. O setor industrial, em que há grandes interesses, também consegue recursos importantes para as suas atividades, não mais por meio do orçamento, mas pelos bancos de investimento. Enquanto isso há dificuldade para incluir recursos necessários ao Programa Espacial Brasileiro, que são de dimensão muito menor, no orçamento ou mesmo na alocação desses recursos por meio do sistema de bancos oficiais. É necessário pensar que não basta a realidade, o conhecimento de que uma atividade é importante, é necessária uma mobilização política. Uma mobilização política para que haja conhecimento melhor e maior daqueles que decidem sobre a elaboração dos orçamentos e daqueles que votam os orçamentos, para que os recursos destinados ao Programa Espacial Brasileiro sejam adequados e suficientes e, assim, este possa fazer que se aproveitem plenamente todas as suas oportunidades econômicas. Essa é uma questão importante, que não é técnica no sentido técnico do conhecimento sobre satélites, sobre veículos lançadores, mas uma questão política importante: como articular o processo de obtenção de recursos para o Programa Espacial Brasileiro.

Esta articulação deve ser feita não somente no âmbito do Estado, mas também no âmbito empresarial, já que há questões empresariais envolvidas na própria fabricação, na questão da base industrial do Programa Espacial Brasileiro. Há a necessidade de se levar ao conhecimento das empresas a importância desse programa para as suas atividades.

Esta reunião técnica sobre o Programa Espacial Brasileiro deve contribuir para maior coordenação entre os diferentes organismos da administração pública e destes com o setor privado, para juntarmos forças e fazermos que o Programa Espacial venha a ter a dimensão possível e necessária para o Brasil, não só agora, mas também em 2022. O que acontecerá em 2022 depende do que vamos fazer daqui até lá.

PAINEL 1

SATÉLITES E APLICAÇÕES

ARTIGOS

ALTERNATIVAS DE FINANCIAMENTO E PARCERIAS INTERNACIONAIS ESTRATÉGICAS NO SETOR ESPACIAL

*Himilcon de Castro Carvalho**

O Brasil, embora mundialmente muito mais famoso pelo carnaval e futebol, durante os últimos 50 anos, silencioso, mas com perseverança, prosseguiu com programa dedicado ao desenvolvimento tecnológico espacial e de defesa. [...] Embora os programas espaciais de outros países emergentes, como a China e a Índia, tipicamente recebam maior atenção, especialmente como possíveis nações em competição com os Estados Unidos, o consenso é que o Brasil faz parte de pequeno grupo de elite, entre países de “alto-médio” desenvolvimento com programas avançados em pesquisa de mísseis, defesa e espaço (Robert C. Harding, Air and Space Power Journal, dez. 2009).

Resumo

Este artigo tenta, primeiramente, analisar o sistema de financiamento do Programa Espacial Brasileiro sob os pontos de vista histórico e da legislação atual, notadamente os investimentos governamentais, por meio dos recursos da União, e os seus impactos sobre o setor industrial espacial do País decorrentes das restrições de natureza orçamentária. Em seguida, apresenta abordagens alternativas com exemplos de sua aplicação em outros países que desenvolvem atividade espacial.

* Graduado em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), realizou especialização em Telecomunicações Espaciais pela École Nationale Supérieure d'Aéronautique et de l'Espace (Ensaé) e doutorado em Engenharia Eletrônica pelo Laboratoire d'Automatique et d'Analyse et des Systèmes (Laas), ambos em Toulouse. Atualmente, é diretor de Política Espacial e Investimentos Estratégicos (DPEI) da Agência Espacial Brasileira (AEB), responsável pela gerência executiva do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), pelo planejamento técnico e orçamentário do programa espacial e pelo acompanhamento e avaliação dos resultados do PNAE.

Nesse contexto, a colaboração internacional aparece não só como alternativa de financiamento e divisão de riscos e custos em projetos espaciais complexos, mas, também, como oportunidade de abertura para novos mercados, de transferência e aquisição tecnológicas e, mesmo, de estabelecimento de parcerias estratégicas de valor geopolítico. O artigo conclui-se com considerações sobre uma visão para o Programa Espacial como “programa de Estado”, ou seja, como instrumento de concretização dos grandes objetivos de desenvolvimento socioeconômico e fortalecimento da soberania nacional.

Breve histórico: cinco décadas de Programa Espacial Brasileiro

Após um período inicial, a partir de 1961, dedicado à formação de cientistas em ciências espaciais e à implantação de uma infraestrutura física na forma de institutos de pesquisa e centros de lançamento, como o da Barreira do Inferno, em Natal/RN, o primeiro esboço de um programa espacial é delineado, em 1979, na Missão Espacial Completa Brasileira (MECB). Previa-se a construção de dois satélites de coleta de dados e dois de observação da Terra.

Esses satélites seriam projetados e desenvolvidos pelo então Instituto de Pesquisas Espaciais (Inpe), vinculado na época ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e lançados do Brasil pelos Veículos Lançadores de Satélites (VLS), a cargo do Instituto de Atividades Espaciais (IAE), órgão do Centro Tecnológico de Aeronáutica (CTA), do então Ministério da Aeronáutica. O centro de lançamento seria estabelecido em Alcântara, no Maranhão, com posição privilegiada para tais atividades por estar próximo à linha do equador.

O grande objetivo, na época, era adquirir a tecnologia de satélites e foguetes a partir de projetos simples e com o auxílio internacional, em especial da França, parceira na elaboração da MECB.

Os problemas começaram, então, em diversas frentes. Por um lado, o caráter dual (civil-militar) do foguete lançador afastou a parceria internacional, o que acarretou inúmeros atrasos no projeto. Por outro, ainda que lento por falta e descompasso nos investimentos de recursos, o avanço do desenvolvimento do primeiro satélite apontava para a necessidade de se dissociarem as datas de lançamento de satélites com as de desenvolvimento dos foguetes.

Tal situação acarretou a necessidade de se decidir seja por uma missão completa e conjunta, seja pela independência dos projetos de satélite e lançadores. Finalmente venceu a posição da independência, e o primeiro satélite brasileiro, o Satélite de Coleta de Dados 1 (SCD-1), foi lançado em 1993 por um foguete americano, 14 anos após a decisão de construí-lo.

Em resumo, uma parceria internacional não efetiva, em clima internacional desfavorável, aliada à falta de recursos e à indecisão governamental, gerou descompassos e atrasos nos cronogramas e projetos independentes dentro de um mesmo programa. Cabe, também, lembrar que os anos 1980 foram marcados por hiperinflação, maxidesvalorizações cambiais, planos econômicos heterodoxos e até mo-ratória do Brasil. Esses fatores certamente contribuíram para agravar, muito, a situação.

Em 1994, foi criada a Agência Espacial Brasileira (AEB), que cristalizou os projetos da MECB no novo Programa Nacional de Atividades Espaciais (Pnae). A nova agência, vinculada então à Presidência da República, seria a substituta da Cobae, que era vinculada ao Estado-Maior das Forças Armadas (Emfa), cujo caráter militar não contribuía para a realização de parcerias internacionais.

Em 1997, 18 anos após o início da MECB, o primeiro modelo do VLS foi lançado, levando a bordo o SCD-2A, uma réplica do SCD-1. A tentativa de lançamento fracassou, acarretando a perda do satélite. Uma nova tentativa foi realizada em 1998, também fracassada. No mesmo ano, foi lançado o SCD-2, novamente com um foguete americano. A repercussão das falhas sucessivas do VLS na imprensa, no governo e no próprio âmbito dos atores do Programa Espacial foi alta, inclusive com ameaça real de paralisação do projeto de lançadores.

Em 1999, foi lançado, a partir da China, o primeiro Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (Cbbers-1), construído pelo Inpe, renomeado como Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, agora subordinado ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), e pela Academia Chinesa de Ciências Aero-espaciais (Cast). O projeto, iniciado em 1988, levou 11 anos para ser concluído, também por falta de recursos.

Nesse período, com a hiperinflação já sob relativo controle, o principal fator causador de atrasos foi o baixo volume de investimento, insuficiente para a manutenção dos cronogramas planejados. Esse fator trouxe novo problema ao quadro do Programa Espacial: desde o SCD-2 e com o Cbbers-1, a indústria nacional, em especial na região de São José dos Campos, mas com empresas atuando em São Paulo e no Rio Grande do Sul, começou a especializar-se e a participar do programa como fornecedora de

equipamentos para os satélites. Entretanto, os persistentes baixos níveis de investimento não permitiam grande quantidade de contratos nem frequência suficiente para dar consistência à base industrial espacial nascente, que até hoje sofre com essa situação.

A terceira tentativa de lançamento do VLS, em 2003, cinco anos após a segunda, foi frustrada por um acidente de grandes proporções. Se a repercussão nacional foi grande, com enorme alarde da imprensa, a reação do governo foi serena, inclusive com a promessa do recém-eleito presidente da República de que o projeto VLS não seria paralisado, ao contrário, seriam reforçados os níveis de investimentos. No mesmo ano, foi lançado, com sucesso, o segundo satélite da série Cbers.

No ano de 2004, nova revisão do Pnae, cobrindo o período decenal 2005-2014, incluiu, além dos satélites para coleta de dados e observação, outros satélites para meteorologia, comunicações e missões científicas e tecnológicas. Isso, sem contar com foguetes de sondagem e lançadores de pequeno e médio portes (VLS e VLS-2), cooperação com os Estados Unidos para participação na Estação Espacial Internacional, cooperação com a Ucrânia para lançamento de foguetes daquele país a partir de novo complexo civil, também localizado em Alcântara e, também, com diretrizes claras de política industrial e tecnológica.

O novo programa era ambicioso. Um cronograma geral vinculava, como na MECB, os satélites aos lançadores nacionais. Para esse período decenal, previa-se um investimento total de R\$ 5,5 bilhões.

O segundo mandato do presidente da República e o ainda recente acidente contribuíram para novo vigor orçamentário. Com efeito, entre 2004 e 2009 a taxa de crescimento anual do orçamento foi de, aproximadamente, 29% a.a. Mas, se a taxa de crescimento é, aparentemente, muito alta, os patamares orçamentários, em termos absolutos, não o são. Pelo contrário. A diferença entre os valores planejados pelo Pnae e os efetivamente autorizados no orçamento, entre 2005 e 2009, chega a R\$ 2 bilhões, ou seja, 66% dos R\$ 3,12 bilhões inicialmente previstos para esse período.

Além disso, barreiras internacionais à importação de componentes essenciais à fabricação dos satélites e foguetes, problemas sociais para a implantação do novo complexo civil de lançamentos em Alcântara, a persistência da baixa dinâmica de contratações industriais, a perda de pessoal e as inúmeras dificuldades de ordem legal para a conclusão de licitações nacionais e internacionais levam o programa de volta à sua realidade primeira.

A situação atual é caracterizada por mais atrasos, incompatibilidade entre os novos satélites planejados e os foguetes lançadores nacionais, que guardam até hoje sua concepção original, e incapacidade de honrar compromissos internacionais, como aquele com os Estados Unidos.

Sistemas e fontes de financiamento

O Programa Espacial Brasileiro sempre contou com recursos do tesouro da União como sua principal fonte de financiamento.

Iniciado com os recursos orçamentários próprios das principais instituições governamentais envolvidas no esforço de desenvolver e consolidar o programa nacional, ele passou a contar com recursos provenientes do orçamento do Estado-Maior das Forças Armadas (Emfa), geridos pela então Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (Cobae).

A esses recursos somaram-se posteriormente aqueles provenientes do MCT, com a decisão brasileira, tomada em 1988, de estabelecer uma parceria estratégica com a China para o desenvolvimento e lançamento conjunto de uma série de satélites de sensoriamento remoto dedicados à observação da Terra (CBERS). Essa foi a primeira iniciativa concreta do programa de buscar participação estrangeira no financiamento de ações do programa, que permanece até hoje.

Com a criação da AEB em 1994, os recursos então geridos pela Cobae passaram para aquela agência, permanecendo assim desde então.

Para alavancar o Programa Espacial e buscando diversificar suas fontes de financiamento, foi criado em 2000 o Fundo Espacial/FNDCT, adotando-se outras fontes de receita. No entanto, essas fontes revelaram-se absolutamente inúteis e não foram suficientes para o propósito da sua criação.

O Programa Espacial Brasileiro conta atualmente com recursos da AEB e do MCT, como seus principais financiadores, com 83,3% e 14,2%, respectivamente, bem como do Ministério da Defesa e do Fundo Espacial/FNDCT, como ilustram as Figuras 1 e 2, seguintes.

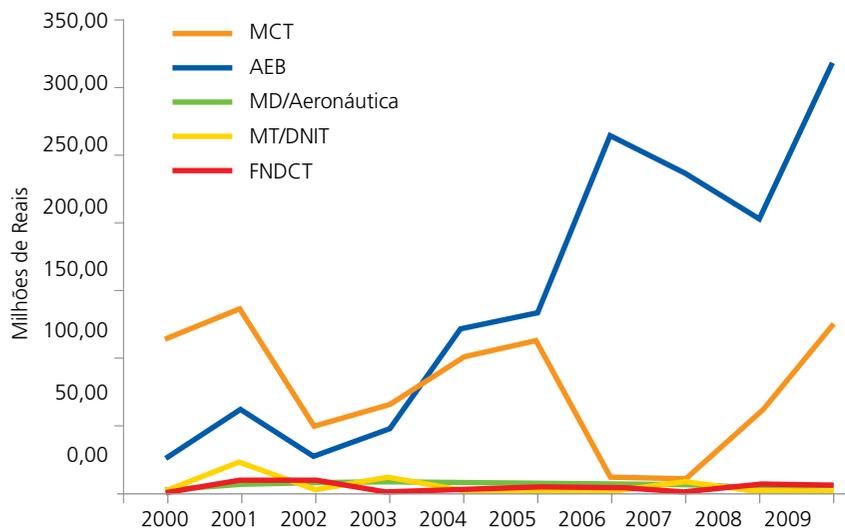


Figura 1 – Recursos investidos no Programa Espacial Brasileiro

Fonte: Agência Espacial Brasileira, 2009.

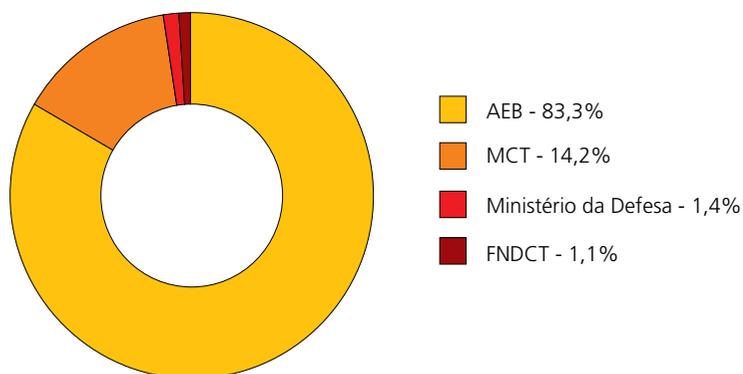


Figura 2 – Fontes de financiamento do Programa Espacial Brasileiro

Fonte: Agência Espacial Brasileira, 2009.

O modelo orçamentário atual

O financiamento das atividades espaciais no Brasil está, atualmente, atrelado ao Plano Plurianual de Investimentos (PPA), planejamento de médio prazo (quatro anos), que direciona as ações de governo, materializadas por meio do ciclo orçamentário da Lei de Orçamento Anual (LOA). Além dos ciclos quadrianuais e anuais, há, também, a possibilidade, ao longo de cada ano, de suplementações e re-manejamentos orçamentários por meio de decretos ou do envio de projetos de lei para aprovação do Congresso Nacional, conforme previsão de cada publicação da Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO).

O orçamento autorizado anualmente para o programa tem a forma de um conjunto de ações orçamentárias que compõem o Programa Nacional de Atividades Espaciais (Pnae). Essas ações classificam-se em atividades ou projetos, conforme o produto ou o serviço seja produzido continuamente (atividade) ou em determinado tempo (projeto). O desenvolvimento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) e as ações voltadas à formação e capacitação de recursos humanos na área espacial têm, ainda, sido complementados com recursos oriundos dos fundos setoriais, tais como o Fundo Espacial, as Ações Transversais ou a Subvenção Econômica.

A figura seguinte apresenta o histórico dos valores executados pelo Programa Espacial ao longo dos últimos 30 anos, deixando evidente a grande variação entre máximos e mínimos e a oscilação do orçamento por conta de diversos fatores, como crises econômicas e mudanças de governo, entre outros.

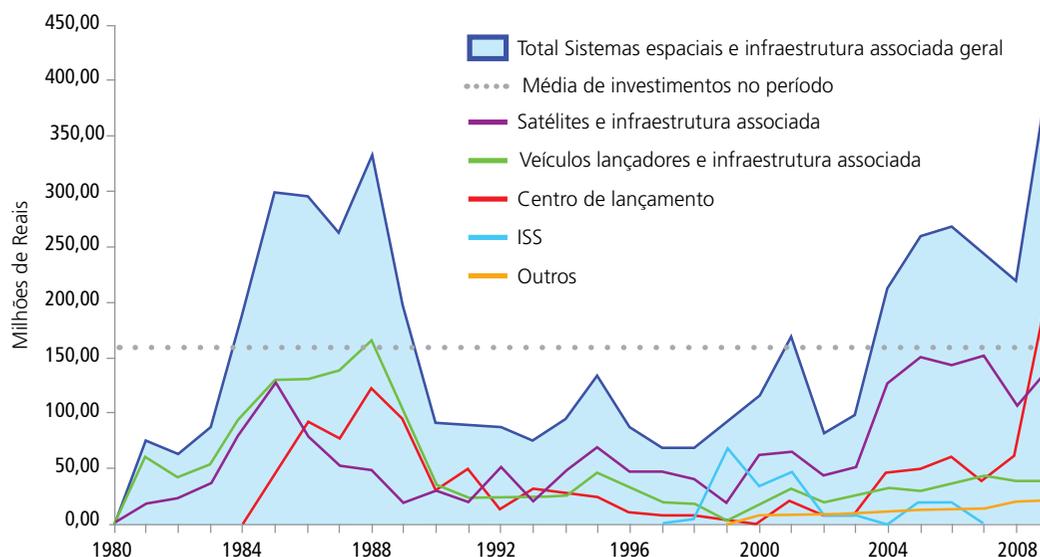


Figura 3 – Histórico orçamentário do Programa Espacial Brasileiro

(Em valores atualizados pelo IPCA/IBGE até dezembro de 2009)

Fonte: Agência Espacial Brasileira, 2009.

O impacto negativo dessa variação orçamentária, ao longo do tempo, sobre o programa decorre da própria natureza do desenvolvimento dos produtos e serviços espaciais. Com efeito, a construção de satélites, de foguetes e de infraestrutura terrestre apresenta complexidade e riscos tecnológicos, alto custo e ciclos de desenvolvimento longos, em geral entre quatro e oito anos. Dessa forma, a gestão dos projetos e das atividades espaciais torna-se refém da incerteza, em longo prazo, do suporte financeiro necessário à execução das tarefas e dos contratos envolvidos, o que acaba gerando constantes soluções de continuidade e ações desgastantes e contínuas de replanejamento.

Ademais, períodos de penúria de recursos traduzem-se em atrasos sucessivos de cronograma com consequente obsolescência da infraestrutura, atraso tecnológico, dissolução de parcerias internacionais e dispersão ou perda de pessoal. Entre os principais prejudicados com tal situação, encontra-se o setor industrial nacional, formado por pequenas e médias empresas incapazes de suportar atrasos em pagamentos contratuais ou a falta de contratos por longo tempo.

Modelos alternativos

O modelo atual de realização da Política Nacional de Atividades Espaciais (PNDAE) parte de um instrumento de planejamento de médio prazo (dez anos), que é o Pnae. A partir dos projetos ali definidos, são elaboradas as estimativas de orçamento para o período coberto pelo programa. Essas estimativas integram, por sua vez, o PPA e as sucessivas LOAs.

Entretanto, os valores estimados e planejados não são, em geral, autorizados. Tomando-se por base o planejamento do Pnae elaborado em 2004 (Pnae 2005-2014), pode-se verificar que, aproximadamente, apenas um terço dos valores inicialmente previstos para esse período foi destinado à atividade espacial, como já comentado anteriormente.

Daí a necessidade de que sejam buscados modelos de financiamento mais imunes a variações anuais e que se mantenham sob controle do Estado e da sociedade, para que os recursos assegurados sejam aplicados no atendimento às demandas do País.

Um desses modelos pode ser o francês, em que existe a figura do “Contrato Estado-Cnes” (ver, p. ex.: http://www.cnes-multimedia.fr/cnes_fr/conf_presse_2009/planches.ppt, acesso em 23 jun. 2010), que garante orçamento constante para o programa espacial da França, coordenado pelo Centro Nacional de Estudos Espaciais (Cnes), por períodos de seis anos. Ainda que caibam considerações quanto às peculiaridades do sistema orçamentário daquele país, para que o compromisso plurianual seja assumido pelo governo, o mesmo modelo poderia ser aplicado ao Brasil por meio de dispositivos que garantam, na LDO, por exemplo, que o orçamento de certos setores estratégicos, como o espacial, tenham sempre garantido, no mínimo, o valor autorizado na LOA do ano anterior. Esse modelo permitirá, então, evolução mais segura dos projetos em curso e, principalmente, planejamento mais consequente com relação a novos projetos, em especial aqueles com colaboração internacional.

Outra forma de financiamento a ser considerada para o Brasil é aquela aplicada até pouco tempo no Reino Unido, em que o orçamento do então Centro Espacial Nacional Britânico (BNSC), substituído em 2010 pela Agência Espacial Britânica, é formado por contribuições diretas de diversos órgãos usuários de produtos espaciais, tais como o Departamento de Transportes (DfT), o Ministério da Defesa (MoD), o Departamento de Inovação, Universidade e Ofícios (Dius) e a Agência de Meteorologia (cf. <http://www.ukspaceagency.bis.gov.uk/About-BNSC/8012.aspx>), acesso em 23 jun. 2010). Esse mecanismo de

coparticipação permite, por um lado, o controle de resultados e de metas por parte dos principais interessados e, por outro, maior possibilidade de garantia de continuidade e de estabilidade orçamentárias.

A utilização de Parcerias Público-Privadas (PPP) como alternativa de financiamento para projetos espaciais tem sido cada vez mais exercitada na Europa. Com efeito, podem-se citar programas como o Sky-Net-5, sistema de comunicação por satélites para uso militar no Reino Unido, em que a parte privada é responsável pelo projeto, financiamento, operação e propriedade do sistema de satélites, prestando serviços ao Estado com base em parâmetros de qualidade, disponibilidade e desempenho. Outro tipo de parceria é a alemã TerraSar-X, em que um satélite com instrumento de radar de abertura sintética (SAR) foi projetado e financiado em conjunto pelos setores público e privado, cujas imagens geradas têm uso científico pelo governo e comercial pelo parceiro privado. No Brasil, há um estudo em curso para analisar a possibilidade de realização de uma PPP para o Satélite Geoestacionário Brasileiro (SGB).

Fontes externas podem ser consideradas quando os projetos a serem financiados atraem o interesse internacional pelo seu caráter estruturante para a economia nacional ou regional. É o caso da parceria entre o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão e o Banco Interamericano para o Desenvolvimento (BID), para financiar o estudo de viabilidade da PPP para o SGB, citada anteriormente. No caso do Programa Espacial, mecanismos dessa natureza poderiam ser também buscados para financiar projetos que tenham, como exemplo, aplicações de interesse nitidamente civil e contemplem concomitantemente uma ampliação da competitividade da indústria nacional.

As contrapartidas (*offsets*) ocorrem, em geral, por ocasião de grandes contratos internacionais e têm sido comumente utilizadas pelo Ministério da Defesa, particularmente pelo Comando da Aeronáutica. O setor espacial pode, entretanto, beneficiar-se desse mecanismo, dado que o país fornecedor do contrato deverá, por exemplo, realizar compras de produtos brasileiros. Nesse caso, a indústria espacial nacional vai beneficiar-se se puder oferecer produtos atrativos. Mas essa não é a única maneira de se utilizarem as contrapartidas. Elas podem envolver transferência de tecnologia, que beneficiará não somente a indústria, mas também os setores governamental e acadêmico.

Comercialização de produtos e serviços espaciais

Não se pode deixar de notar que a comercialização de produtos e serviços espaciais, apesar de não constituir fonte de recursos adicionais para o Programa Espacial, certamente contribui para maior dinamismo e para o fortalecimento e a sustentabilidade da base industrial espacial.

No setor espacial, em geral, as oportunidades encontram-se tanto no fornecimento de informações e serviços quanto no fornecimento de plataformas espaciais, equipamentos para satélites, estações terrenas e centros de controle, satélites completos, equipamentos para mercado de consumo (receptores GPS, TV e rádio digital, etc.) e serviços de lançamento.

A viabilidade de entrada nesse mercado depende primordialmente do nível de tecnologia disponível e da capacidade do setor industrial de absorção dessa tecnologia. Nesse sentido, constata-se que, nos países detentores de tecnologia espacial, o papel do governo é fundamental no direcionamento dos esforços de P&D espacial, no estabelecimento de políticas de compras governamentais, como o *Buy American Act*, que privilegia produtos nacionais nos Estados Unidos, e no desenvolvimento inicial de bens e produtos que serão posteriormente transferidos à indústria, como ocorre com satélites e veículos lançadores nos EUA e na Europa. Mesmo sendo os maiores clientes do setor industrial espacial, os governos de países mais avançados tornam-se, também, clientes do setor de serviços, isto é, passam a comprar informações utilizando-se de infraestrutura e de ativos espaciais privados para o fornecimento de serviços públicos de comunicações, de meteorologia e de imagens de alta resolução.

Com efeito, as atividades espaciais, como ilustra a Figura 4, seguiram fases idênticas nos países mais desenvolvidos:

- Os objetivos políticos são estabelecidos por governos, gerando impactos diretos e indiretos no setor espacial (p. ex.: navegação militar dos Estados Unidos por meio de GPS, programas de voo tripulado).
- Esses objetivos são implementados por agências governamentais/espaciais, com os respectivos orçamentos. As agências definem os projetos e os programas relacionados aos objetivos, que são executados pela indústria espacial nacional.

- A indústria espacial desenvolve, então, produtos e processos, apropriando-se do conhecimento obtido pelos contratos, e busca sua comercialização. As agências governamentais, por sua vez, tendem a estabelecer Parcerias Público-Privadas (PPP), a comercializar e até a privatizar algumas atividades.

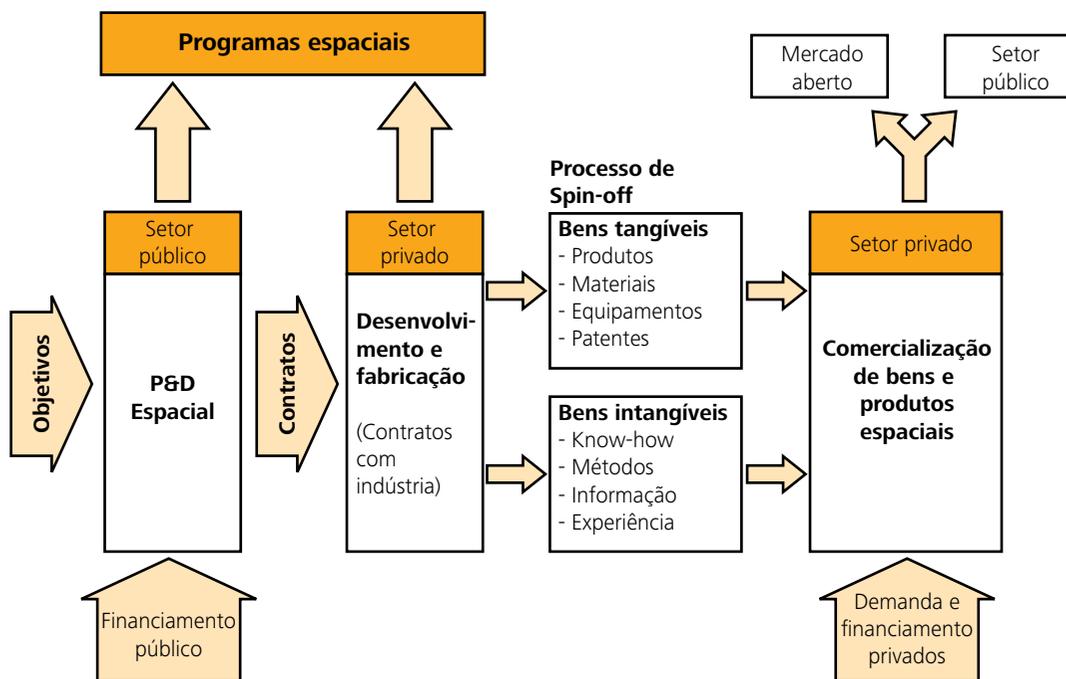


Figura 4 – Ciclo público-privado do setor espacial

Fonte: Himilcon de Castro Carvalho, 2010.

Exemplo desse ciclo é o Sistema de Posicionamento Global (GPS, na sigla em inglês), desenvolvido pelo governo dos Estados Unidos, que inicialmente se destinava a fins militares, mas atualmente é a base da indústria de receptores GPS para aplicações civis e de inúmeros serviços comerciais voltados à navegação rodoviária, aérea e marítima, seja comercial, seja de lazer, turismo e geoprocessamento.

Portanto, além das oportunidades de fornecimento de serviços de lançamentos comerciais para suprir o mercado de lançamentos previstos, o setor espacial, por meio de técnicas de telecomunicações, sensoriamento remoto (para observação e meteorologia), geoposicionamento, navegação e, principalmente, por meio da integração dessas tecnologias, pode prover serviços públicos e comerciais em diversas áreas e segmentos econômicos, como os listados no Anexo, em que cada setor da economia é seguido por produtos gerados por utilização de dados e serviços espaciais. A lista não é exaustiva, e o avanço da tecnologia espacial tem permitido, ainda, o desenvolvimento de negócios baseados nos *spin-offs*, ou desdobramentos.

Com efeito, novas tecnologias desenvolvidas para fins espaciais têm beneficiado praticamente todos os setores industriais. Na área automobilística, por exemplo, podemos citar: *airbags*, freios com ligas de carbono, amortecedores e sistemas de refrigeração.

Sistemas de purificação de ar e água e tecidos antialérgicos, resistentes ao calor e bactericidas são *spin-offs* para a saúde e a indústria têxtil. Radares de penetração no solo, desenvolvidos para exploração espacial, têm sido utilizados pela indústria mineradora para detectar rachaduras em minas e túneis.

A título de exemplo, para o Programa Espacial Brasileiro, alguns casos de alta relevância para a economia do País poderiam ser citados. Um deles é o desenvolvimento de ligas de aços de ultra-alta resistência, como o aço 300M, utilizado nos foguetes de sondagem, que chegou a ser exportado para emprego na fabricação de trens de pouso de grandes jatos comerciais. Outro envolve atividades de P&D em materiais compósitos que permitiram o desenvolvimento de tecnologia de bobinagem de fitas e fios sintéticos, para fabricar propulsores e divergentes para a área espacial. Essa tecnologia passou, também, a ser utilizada na fabricação de capacetes de aviação. Mais recentemente, as restrições internacionais à importação de sensores inerciais de alto desempenho estão estimulando o desenvolvimento autóctone dessa tecnologia com financiamento dos fundos setoriais, num esforço que envolve governo, indústria e universidades. Esses sensores poderão ser utilizados na navegação espacial, aérea e marítima de precisão.

Os efeitos inovadores das atividades espaciais apresentam-se, portanto, de duas maneiras. Por um lado, as exigências impostas pelo governo aos fornecedores e aos seus subcontratados na aquisição de bens e produtos espaciais – em especificações técnicas, altos níveis de qualidade, aplicação de normas técnicas e metodologias de projeto – aumentam a qualificação e, por conseguinte, a competitividade

da indústria. Por outro lado, as novas tecnologias desenvolvidas nos institutos de pesquisa, nas universidades e nos fornecedores do Programa Espacial são apropriadas pela indústria em geral sob a forma de produtos inovadores e de oportunidades de negócio.

Parcerias internacionais estratégicas

Motivações

As parcerias internacionais são prática corrente quando se trata de atividade espacial. Poucos países têm todos os recursos financeiros, materiais e humanos necessários à realização de grandes projetos envolvendo satélites e sondas espaciais. Mas, além do compartilhamento de custos e riscos, a colaboração internacional promove maior quantidade de projetos, de modo que os setores industriais dos países envolvidos adquirem dinâmica e sustentabilidade.

Interesses econômicos conjuntos pela conquista de mercados também são grandes motivadores da cooperação. Veja-se, por exemplo, o caso do Brasil e da Ucrânia, que, unindo esforços, procuram ingressar no mercado internacional de serviços de lançamento, com foguetes ucranianos Cyclone-4 sendo lançados a partir do Centro de Lançamentos de Alcântara (CLA).

Essas parcerias internacionais podem, também, ser decorrentes de vontades conjuntas de promoção do maior desenvolvimento ou de transferência de tecnologia, seja por meio de projetos conjuntos, seja pela venda de serviços ou produtos, a exemplo do que ocorre entre o Brasil e a Alemanha nos projetos do Satélite de Reentrada (Sara) e do Veículo Lançador de Microssatélites (VLM), ou do que ocorre no contrato com a empresa INVAP da Argentina para o desenvolvimento do ACDH para a Plataforma Multimissão (PMM) e o Veículo Lançador de Satélites, que contou com serviços de revisão da Rússia em seu projeto técnico.

Cabe, ainda, notar que a cooperação internacional, não só na área espacial, é promotora de alianças estratégicas de alto valor geopolítico. No caso brasileiro, além da experiência de participação no projeto da Estação Espacial Internacional (ISS), podem-se citar os projetos *Global Precipitation Measurement (GPM-Br)*, com a França, o projeto *Sabia-Mar*, com a Argentina, e o Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (Cbbers), com a China.

Critérios

Nesse contexto, é importante que cada parceria seja analisada, por um lado, sob o ponto de vista de suas motivações principais, que servirão como critérios de seleção, e, por outro, pelos interesses do eventual parceiro, o que guiará as negociações.

Deve-se ter em conta que o Brasil é detentor de diversas tecnologias espaciais, de laboratórios, de centros de lançamento próximos à linha do equador, de recursos humanos especializados e de base industrial competente, ainda que reduzida. Por outro lado, o não domínio de certas tecnologias críticas, como as de controle de órbita e de atitude para satélites, torna os projetos conjuntos menos atrativos aos parceiros internacionais mais desenvolvidos.

Da mesma forma, em relação ao país parceiro, fatores como histórico de cooperação na área espacial e em outras áreas, maturidade tecnológica, experiência e inclusão no mercado espacial internacional, capacidade financeira, desenvolvimento do setor industrial, estrutura de governança das atividades espaciais e diretrizes de política internacional podem ser essenciais na avaliação objetiva do valor de um projeto em colaboração internacional, além do seu próprio mérito finalístico.

Dificuldades e desafios

As dificuldades que se apresentam no âmbito dos projetos realizados em colaboração internacional são de diversas ordens: financeiras, políticas, tecnológicas e de recursos humanos.

Analisando, por exemplo, o caso da participação brasileira na Estação Espacial Internacional, projeto liderado pelos Estados Unidos, constata-se a incapacidade de o Brasil honrar, financeiramente, os compromissos assumidos e de identificar os reais interesses do parceiro. Em artigo escrito para o *Air & Space Power Journal (ASPJ)*, Nov., 09), Robert Harding chega a afirmar (citando Darly Henriques da Silva, "Brazilian participation in the International Space Station (ISS) Program: commitment or bargain struck?", *Space Policy*, v. 21, Issue 1, Febr. 2005, 56–57) que,

em 1997, a convite da administração Clinton, o Brasil foi o único país em desenvolvimento em longa lista de potências espaciais desenvolvidas a contribuir com tecnologia à Estação Espacial Internacional. Embora aparente gesto de boas graças, o convite foi, na verdade, um complô da administração Clinton com o intento de moldar o Programa Espacial Brasileiro, a fim de favorecer os interesses norte-americanos.

Outro projeto com os Estados Unidos foi o do Acordo de Salvaguardas para lançamentos de satélites e artefatos americanos a partir do Centro de Lançamento de Alcântara. Nesse caso, cláusulas de conteúdo considerado político (e não técnico) não foram aceitas pelo Congresso Nacional, de modo que o acordo nunca foi ratificado. A não assinatura de tal acordo prejudica o ingresso do Brasil no mercado de serviços de lançamento, dado que a maioria dos satélites a serem lançados possui partes e componentes americanos.

Com a França, o projeto do Microssatélite Franco-Brasileiro, iniciado em 1997, começou a acumular atrasos sucessivos causados por falta de financiamento e de recursos humanos suficientes. Em 2002 o diretor-geral do Centre National d'Etudes Spatiales (Cnes) decidiu pelo rompimento do acordo, causando a paralisação do projeto pelo lado brasileiro, com prejuízo tecnológico e científico para o País.

Mais recentemente, pode-se citar o projeto satélite Sabia-Mar, a ser desenvolvido com a Argentina, que vem acumulando atrasos e modificações técnicas desde seu início, em 1997. No período em questão, os dois países passaram por crises econômicas que justificaram o não início da sua execução. Até o momento não há fonte de financiamento identificada para a continuidade e a conclusão do projeto.

Mesmo reconhecendo que qualquer parceria ou colaboração internacional tem por base interesses geopolíticos, uma cuidadosa seleção de países parceiros e de projetos contribuirá para se evitar a dispersão de esforços e recursos. No mesmo contexto, o Estado poderá promover com maior intensidade, no quadro dos projetos de cooperação, as parcerias empresariais e comerciais que trarão benefícios mútuos aos países envolvidos e aos seus setores privados e governamentais.

Considerações finais

Uma característica notável do Programa Espacial Brasileiro é que, apesar de ter sua origem já nos primórdios da era espacial, por volta de 1961, ele nunca esteve completamente integrado às estratégias nacionais de desenvolvimento.

Enquanto para países como Estados Unidos, Rússia, Índia e China, apenas para citar alguns com PIB, população e área comparáveis às do Brasil, o setor espacial é considerado essencial, seja para defesa, vigilância e inteligência, seja para atividades civis de comunicações, proteção ambiental e posicionamento, o Programa Espacial Brasileiro tem sido considerado como acessório.

De fato, desde seu início, o Programa Espacial Brasileiro tem sido tratado como atividade de pesquisa e desenvolvimento, ou seja, trata-se de um programa do tipo “*technology push*”, em que a aquisição e o avanço tecnológicos são suas principais justificativas e motivações primárias. Assim nasceu a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), nos anos 1980, com o projeto conjunto de satélites, foguete lançador e centro de lançamentos.

A incapacidade de integração do programa a outras políticas públicas de maior relevo, a exemplo da Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), a política de compras governamentais e a dificuldade de identificação dos reais benefícios da atividade espacial articulados com as políticas governamentais setoriais, aliados a períodos de intensa crise econômica com baixos níveis de investimentos, fizeram que os projetos acumulassem inúmeros atrasos e as atividades de desenvolvimento de satélites e de foguetes tomassem caminhos independentes, resultando, por último, em críticas à falta de foco do programa.

Hoje, o Veículo Lançador de Satélites (VLS), projeto nacional de acesso ao espaço desenvolvido pelo Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespaciais (DCTA), não comporta a nova geração de satélites baseados na Plataforma Multimissão (PMM), desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe).

Programas do tipo *Market driven* ou direcionados pelas demandas têm muito mais chance de sucesso. Nesse contexto, deve-se partir da demanda por informação necessária à obtenção dos objetivos nacionais concretizados por diversas políticas públicas, como, por exemplo, de saúde, educação, proteção ambiental, segurança alimentar e hídrica, defesa e segurança e defesa civil, entre outras.

A partir das demandas desses programas e dessas políticas, em termos de informações essenciais à sua gestão, o Programa Espacial deverá desenvolver as capacidades de observação da Terra, de comunicações, de posicionamento e navegação e de acesso independente ao espaço. Nesse contexto, entram as atividades de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico, que induzem inovação e geram emprego e renda com a participação da indústria nacional. Trata-se, aqui, do domínio das tecnologias que possibilitarão esse conjunto de capacidades: satélites, instrumentos de observação, propulsão e foguetes e sistemas de controle de solo.

Assim, é no atendimento às demandas de Estado, formuladas e consensualizadas nos níveis mais altos de decisão e comprometimento, as quais devem incluir governo, Parlamento e sociedade, que o Programa Espacial Brasileiro se tornará um verdadeiro programa de Estado, imune às crises econômicas e às mudanças de governo. Nesse sentido, a criação de um Comitê Gestor das atividades espaciais, projeto em elaboração e estudos na Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, trará benefícios concretos à questão da governança e da coerência do Programa Espacial Brasileiro.

ANEXO

Produtos e serviços espaciais

- Aeronáutica
 - Planos, mapas e modelos digitais de terreno
 - Posicionamento de transportes
 - Auxílio à Navegação
 - Previsão Meteorológica
 - Comunicações e transmissão de dados e voz
 - Transmissão de dados técnicos e logísticos
 - Transmissão de dados médicos
 - Otimização de gerenciamento de tráfego de aeroportos
 - Otimização de gerenciamento de transporte de equipamentos
 - Alerta e funções de segurança
 - Controle de Tráfego Aéreo – CNS/ATM

- Agricultura e florestas
 - Avaliação de biomassa
 - Condição fitossanitária de cobertura vegetal
 - Avaliação de desflorestamento
 - Previsão meteorológica
 - Recursos hídricos
 - Umidade de solo
 - Erosão
 - Previsão de safras
 - Posicionamento e navegação de equipamento agrícola
 - Otimização de colheita e transporte

- Uso de terra e planejamento
 - Planos, mapas e modelos digitais de terreno
 - Mapas de uso de terra, estáticos e dinâmicos
 - Estudos de impacto, representação/simulação 3D
 - Mapas de risco
 - Mapas de poluição com a evolução temporal
 - Mapas de evolução da linha costeira
 - Mapas de eutrofização de águas costeiras, laguna e lagos
 - Previsão meteorológica
 - Previsão oceanográfica
 - Previsão climática
 - Modelagem de catástrofes naturais e industriais
- Suporte a desastres
 - Transmissão de dados técnicos e logísticos
 - Telemedicina
 - Previsão meteorológica e oceanográfica
 - Prevenção de risco e gerência de catástrofes naturais e industriais
- Serviços bancários e finanças
 - Distribuição de tempo e sincronização
 - Transporte seguro de fundos
- Produtos químicos, metalurgia e indústria pesada
 - Gerenciamento de frota de veículo de transporte
 - Estudos de impacto
 - Vigilância de transporte e armazenamento de materiais perigosos

- Comunicações
 - Transmissão de dados (som, imagens, dados, voz e multimídia)
 - Rádio digital, televisão, dados e transmissão de multimídia
 - Governo eletrônico

- Construção e engenharia civil
 - Planos, mapas e modelos digitais de terreno
 - Mapas geológicos
 - Previsão meteorológica
 - Otimização de alinhamento, leiaute e estudos de impacto
 - Posicionamento exato de projeto para estruturas e edifícios
 - Controle automático de veículos no canteiro de obras
 - Gerência e otimização de vias no canteiro de obras
 - Coleta e transmissão de dados técnicos e logísticos
 - Coleta e transmissão de dados médicos

- Energia e exploração de recursos naturais
 - Quantificação de recursos hídricos
 - Previsão meteorológica
 - Monitoramento remoto de represas
 - Planos, mapas e modelos digitais de terreno
 - Posição e posicionamento de precisão
 - Previsão oceanográfica
 - Mapas de evolução temporal da poluição
 - Coleta e transmissão de dados técnicos e logísticos
 - Monitoramento de transporte de materiais perigosos
 - Gerenciamento de frota de veículos

- Ambiente
 - Planos, mapas e modelos digitais de terreno

- Mapas de uso de terra, estáticos e dinâmicos
 - Estudos de impacto, representação/simulação 3D
 - Mapas de risco
 - Mapas de evolução temporal da poluição
 - Mapas de evolução da linha costeira
 - Previsão meteorológica
 - Previsão oceanográfica
 - Previsão climática
 - Modelos de desertificação, desflorestamento, etc.
-
- Gerenciamento de frota marítima e terrestre
 - Posicionamento de navios e veículos
 - Planos, mapas e modelos digitais de terreno
 - Auxílio à navegação
 - Previsão de condição meteorológica e do mar
 - Comunicações e transmissão de voz
 - Transmissão de dados técnicos e logísticos
 - Transmissão de dados médicos
 - Otimização de tráfego
 - Alerta e funções de segurança (chamadas de emergência, monitoramento de materiais perigosos, mercadorias perecíveis, etc.)
-
- Operações humanitárias
 - Logística de locais isolados ou hostis
 - Comunicações com telefones móveis ou equipes isoladas
 - Posicionamento e navegação
 - Telemedicina
 - Busca e salvamento

- Indústria da pesca
 - Planos e mapas
 - Previsão meteorológica e oceanográfica
 - Posicionamento, navegação, gerenciamento e monitoramento de frotas
 - Informação e transmissão de dados
 - Telemedicina
 - Suporte à exploração do recurso marítimo (temperatura e cor de água, corrente, corrosão e sedimentação)
 - Busca e salvamento

- Saúde
 - Consulta e diagnósticos a distância para locais isolados ou móveis
 - Modelos epidemiológicos (com fusão de dados ambientais e meteorológicos)
 - Transmissão de dados de locais isolados
 - Treinamento a distância

- Transporte de passageiros, mercadorias, materiais perigosos e frotas de veículo de serviço
 - Planos, mapas e modelos digitais de terreno
 - Posicionamento de transportes
 - Otimização de tráfego
 - Auxílio ao motorista e à navegação
 - Previsão meteorológica
 - Transmissão de dados técnicos e logísticos
 - Comunicações e transmissão de chamadas de voz
 - Alerta e funções de segurança (chamadas de emergência, vigilância de materiais perigosos, mercadorias perecíveis, etc.)
 - Transmissão de dados médicos

- Educação
 - Teleducação
 - Universidades virtuais em áreas remotas
 - Difusão de programas de televisão educativa

- Indústria de hotelaria e atividades de lazer
 - Telemedicina
 - Localização, navegação de meios de transportes
 - Previsões meteorológicas e oceanográficas
 - Telecomunicações em áreas isoladas
 - Turismo espacial e temático

DESAFIOS ESTRATÉGICOS DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO

*Otávio Santos Cupertino Durão**
*Décio Castilho Ceballos***

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise da evolução do Programa Espacial Brasileiro e de seus problemas em passado recente e enumerar algumas propostas de soluções para implantação ao longo da próxima década. A análise baseia-se em conceitos modernos de planejamento estratégico e na experiência dos autores no setor, no País e no exterior, resultando na proposição de algumas soluções para a condução do programa em futuro próximo.

Palavras-chave: Programa Espacial Brasileiro, desafios estratégicos, gestão.

* Graduado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), possui mestrado e doutorado em engenharia industrial pela Pennsylvania State University, Estados Unidos. Trabalha na Coordenadoria de Planejamento Estratégico e Acompanhamento de Projetos do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (Inpe), além de representar o Instituto na comissão do Projeto Microgravidade da Agência Espacial Brasileira (AEB). Tem experiência na área de Engenharia Aeroespacial, com ênfase em Sistemas Aeroespaciais, atuando principalmente nos seguintes temas: satélites, política espacial, análise de missão, atitude e navegação.

** Graduado em Engenharia Naval pela Universidade de São Paulo (USP), possui mestrado e doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). Atualmente, é o coordenador de Planejamento Estratégico e Avaliação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Tem experiência na área de engenharia aeroespacial, com ênfase em sistemas aeroespaciais, atuando principalmente em atitude de satélites e compensação de erros.

Introdução

O assunto objeto deste trabalho é o Programa Espacial Brasileiro, na sua condução. O tema é abordado sob uma visão estratégica em face dos novos desafios que lhe são colocados para o desenvolvimento tecnológico nacional e a necessidade da obtenção de resultados concretos em curto, médio e longo prazos. Considera-se necessária, em consequência, nova abordagem para a sua gestão estratégica e marco regulatório.

Trabalhos anteriores que estudam o tema sob essa ótica não consideram as perspectivas atuais de diferentes cenários para o País, econômica, social e ambientalmente, em contexto de maior participação relativa mundial.

Os autores possuem, historicamente somados, mais de 50 anos de experiência acumulada em atuação técnica e gerencial em projetos e atividades no programa. Consideram que podem colaborar no sentido de sugerir reformas na condução do programa, que poderão ser implantadas pelas autoridades competentes em futuro próximo. Não há presentemente no País uma discussão que trate o programa considerando métodos modernos de gestão estratégica. Esses métodos podem ser aplicados, e o objetivo deste trabalho é demonstrar que tal aplicação é possível e recomendada. Foram consideradas diferentes teorias modernas de gestão estratégica, e o método proposto é uma combinação entre elas. O resultado mostra que essa combinação de métodos é possível e contempla, de maneira bastante adequada, as perspectivas de diferentes interfaces do Programa Espacial Brasileiro.

Evolução recente do Programa Espacial Brasileiro

Depois do planejamento, desenvolvimento e lançamento (parciais nestes dois últimos casos) da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), no fim da década de 1970 até meados da de 1990, e da cooperação com a China para o Programa CBERS, iniciada no fim da década de 1980, o Programa Espacial Brasileiro ressen-te-se de uma estratégia de planejamento que o conduza. Nessas duas últimas décadas, apesar da existência do Plano Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), não há um plano capaz de conduzir o programa. Como resultado, não houve nenhum lançamento bem-sucedido nesse período fora do Programa CBERS. Mesmo os satélites cujos lançamentos não foram bem-sucedidos foram de

pequeno porte, de baixíssimo custo e desenvolvidos como cargas experimentais de testes do lançador nacional VLS-1. O PPA 2008-2011 possui seis ações para o desenvolvimento de satélites, duas das quais são relativas ao Programa CBERS (satélites CBERS-3 e 4) e as outras quatro, à utilização da mesma plataforma para o satélite em sua parte de serviços (estrutura, energia, computação, controle e comunicação). Cada um desses quatro satélites utilizará um subsistema específico de carga útil para a geração dos dados da missão, sobre a mesma plataforma de satélite e com o nome PMM – Plataforma Multi-missão. Serão todos satélites de órbita baixa, com massa total de cerca de 550 kg, ou seja, nenhum deles poderá ser lançado pelo VLS na sua versão atual.

Essa plataforma PMM está em desenvolvimento há mais de oito anos. O primeiro lançamento com o seu uso está previsto para 2012 com o satélite Amazônia-1, para sensoriamento remoto. Há dúvidas se esse cronograma será cumprido em virtude da dificuldade de algumas empresas nacionais fornecedoras entregarem alguns subsistemas pelos quais são responsáveis. A PMM ainda não tem todos os seus subsistemas desenvolvidos até o presente. Em consequência, os demais satélites que a utilizarão também deverão ter seus cronogramas de lançamento afetados. Um deles, concebido em cooperação com a Agência Espacial Alemã (DLR) no mesmo período de desenvolvimento da PMM, ainda está em estágio inicial de projeto. É uma missão importante para o País, pois se trata de um satélite de sensoriamento por radar, capaz de penetrar nas nuvens da região amazônica para a observação de queimadas e desmatamento, para o que os satélites hoje utilizados não são capazes de fazer, pois utilizam a faixa de frequência do visível.

Mesmo os satélites CBERS que têm sido lançados nestas duas últimas décadas e os lançamentos previstos para futuro próximo não apresentam complexidade tecnológica crescente de modo que representem novos desafios de grande impacto. Os desafios tecnológicos e estratégicos de desenvolvimento, por meio da cooperação com a China, objeto inicial quando da elaboração do programa, parecem ter-se esvaído. O desenvolvimento nacional nem de perto acompanhou o desenvolvimento do seu parceiro chinês no setor espacial, o que tornou a defasagem na cooperação de difícil sustentação. Os satélites chineses de sensoriamento remoto utilizam hoje plataformas muito mais avançadas do que as dos satélites CBERS, e não parece haver interesse em que a cooperação se estenda a essas tecnologias. Recentemente, o País não conseguiu estender a cooperação para uma missão de sensoriamento remoto com o uso de radar, para obter os benefícios dessa aplicação expostos anteriormente.

Essa falta de resultados tem tido consequência para o País no cenário internacional. Recentemente, em 2009, foi publicado um relatório no exterior (FUTRON'S 2009 SPACE COMPETITIVENESS INDEX) por

empresa de consultoria, que faz um comparativo da competitividade do programa espacial de 10 países ou regiões, incluindo o Brasil (os outros são: EUA, Europa, Índia, China, Canadá, Rússia, Japão, Coreia do Sul e Israel). Ter o País colocado na relação é um demonstrativo da relevância nacional e das expectativas da comunidade internacional sobre nosso Programa Espacial e sua influência, particularmente para a região. Entretanto, a avaliação não é muito positiva. Nos aspectos em que o País mais se destaca comparativamente, conseguindo se sobressair em relação a alguns dos outros países colocados no relatório, os indicadores são baseados em investimentos, infraestrutura e formação de recursos humanos originados durante a fase da MECB e da concepção do Programa CBERS. Isso está de acordo com a análise feita anteriormente sobre a falta de novos resultados concretos nas últimas duas décadas. Uma das questões que o relatório tenta responder é: “O Brasil reduziu suas ambições espaciais e, neste caso, quem na região tomará o seu lugar?”. Muitos dos participantes do Programa Espacial Brasileiro acham que isso pode já estar acontecendo. A Argentina possui hoje, no Laboratório de Integração e Testes (LIT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), um satélite (SAC-D) para medidas da salinidade do mar e outras medidas, de massa de duas toneladas e custo acima de 200 milhões de dólares. Esse satélite será testado por cerca de seis meses nessas instalações desenvolvidas com recursos da época da MECB e que possuem necessidades contínuas de recursos para sua atualização e manutenção.

O desenvolvimento do programa espacial argentino tem surpreendido a todos os técnicos nacionais envolvidos com o programa, incluindo aqueles que acompanham o desenvolvimento do subsistema de controle do satélite Amazônia-1, contratado à empresa estatal argentina Invap. Esse programa desenvolve atualmente um satélite radar de sensoriamento remoto e um satélite de telecomunicações, ambos em francos progressos. O País beneficia-se de uma cooperação com os EUA, como, por exemplo, no satélite SAC-D, que é desenvolvido em cooperação com o Jet Propulsion Lab (JPL) da Califórnia.

O relatório também aponta, em seu sumário executivo, que “O Brasil tem visto sua posição declinar em relação a outras nações líderes do setor espacial, e não possui uma estratégia clara e compromisso de investimento em atividades espaciais”.

A evolução recente do Programa Espacial Brasileiro não acompanhou a dos seus anos iniciais. Em seu início, ele foi capaz de descobrir identidades e complementaridades na evolução dos seus projetos, como representou o Programa CBERS para a MECB. Na última década, e mesmo antes, essa evolução em seu desenvolvimento tecnológico não se sustentou. Urge retomar esse desenvolvimento, de importância estratégica para o País em sua inserção mundial.

Principais problemas relacionados ao Programa Espacial Brasileiro

Em 1994, foi criada a Agência Espacial Brasileira (AEB). A lei de sua criação (Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994) descreve 14 competências para a AEB e estabelece que ela terá “condição de órgão central” no sistema das atividades espaciais brasileiras, cuja organização será “estabelecida pelo Poder Executivo”. Cerca de seis meses depois, o Decreto nº 1.332 aprova a atualização da Política de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), que contém 23 diretrizes para o Programa Espacial Brasileiro e dá à AEB a competência para executar e fazer executar a PNDAE e, portanto, essas diretrizes. A AEB foi criada diretamente ligada à Presidência da República e, posteriormente, vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) em 2003 (Decreto nº 4.566).

Em 1996, fica instituído (Decreto nº 1.953, de 10 de julho) o Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (Sindae), como preconizado pela Lei 8.854, de criação da AEB. Pelo decreto da instituição do Sindae, integram-no: i) a AEB, como órgão central e responsável pela sua coordenação geral; ii) o Inpe e o (à época) Deped como órgãos setoriais e como órgãos e entidades participantes; iii) os ministérios e secretarias da Presidência da República, os estados, o Distrito Federal, os municípios e o setor privado. Ou seja, considerando-se que as universidades brasileiras são públicas (federais, estaduais ou municipais) ou privadas, apenas as organizações não governamentais não integram o Sindae. Assim, a AEB é o órgão central e responsável pela coordenação geral de todo esse sistema, que praticamente inclui todas as atividades da Nação que possuem ou podem vir a possuir interfaces e interesses com o setor espacial nacional.

Além disso, a coordenação da política espacial em um ministério torna a sua atuação com menores possibilidades de sucesso para as necessárias interfaces e de atuação conjunta com outros setores. Isto ocorre mesmo com órgãos definidos pelo Sindae como setoriais e executores. O Programa Espacial Brasileiro ressenete-se da falta de planejamento para o setor, capaz de articular uma estratégia e uma política de desenvolvimento técnico, político e científico, de articular cooperações e estratégias de desenvolvimento. Isso tem causado isolamento entre os seus atores, fazendo que muitas decisões próprias sejam tomadas por eles com consequentes atritos e conflitos internos ao Sindae.

A atuação do MCT está mais diretamente relacionada com os aspectos científicos e de desenvolvimento tecnológico proporcionados ou demandados para o desenvolvimento do programa. Seu orçamento é

insuficiente para extrapolar aspectos que vão além da pesquisa e está mais direcionado à formação de recursos humanos para o setor e ao financiamento de projetos de inovação. Já há no País demandas que não são contempladas por esse orçamento, para aplicações e interfaces com os setores da indústria, da defesa, da agricultura, do meio ambiente, da educação, das comunicações, entre outros (ASSOCIAÇÃO AEROESPACIAL BRASILEIRA, 2010).

Assim como seus aspectos orçamentários, outros problemas, como escassez de recursos humanos, capacidade industrial no setor privado, insegurança regulatória e sustentabilidade, podem ser atribuídos à forma atual de gestão do programa. No sentido de expandi-lo e dotá-lo de maior agilidade em busca de maiores oportunidades, a seção seguinte deste trabalho apresenta algumas sugestões.

Estratégia e mecanismos para o desenvolvimento espacial brasileiro

Propõe-se uma estratégia com foco na capacidade espacial brasileira e os mecanismos para a sua implantação destacando novas concepções de modelo institucional e de coordenação da política espacial. Fundamenta-se em escolas recentes de estratégia, de teorias para políticas públicas e de gestão compatíveis com razões modernas para a existência de um sistema de organizações e de um programa orientado à conquista espacial.

A capacidade de construir capacidades

Hagel e Brown (2005) defendem que as razões de Coase (1937) para a existência da “firma” precisam ser repensadas. Segundo Coase, as organizações industriais existem por uma razão de eficiência decorrente de economias na redução de custos de transação de mercado. Uma organização ou um sistema delas existe para prover mecanismos e acessar ou utilizar recursos com mais eficiência do que ocorreria em ambiente de simples mercado. Nos tempos modernos, a questão da eficiência nas transações perde terreno com a drástica redução dos custos e com a nova capacidade de aproximação dos recursos de mercado em função das tecnologias de informação.

Na perspectiva de Hagel e Brown (2005), o papel primário da “firma” desloca-se para acelerar o conhecimento e a construção de capacidades para agregar valor. Eles propõem integrar escolas estratégicas, que consideram divergentes, voltadas para competências ou capacidades – competências essenciais (por Hamel e Prahalad) ou ecossistemas de negócios para alavancagem estratégica (por James Moore). Hagel e Brown propõem uma visão dinâmica e ampla de capacidade – contexto interno e externo –, conhecimento, capacidade de produção e busca de recursos. A principal ênfase é colocada nos mecanismos de acelerar a construção dessas capacidades.

Este trabalho propõe estruturar a estratégia espacial brasileira na “capacidade de construir capacidades”. Conceitua capacidade dentro de três perspectivas baseadas nessas escolas modernas de estratégia: mobilizar para o conhecimento e o domínio tecnológico; aglutinar fornecedores e parceiros para a capacidade de desenvolvimento e produção; e influenciar para promover a inovação, impactar, obter apoio e recursos. Três meios ou capacidades necessárias para a finalidade ou o objetivo de domínio do conhecimento e das tecnologias para o espaço.

Também mostra este trabalho que a estratégia espacial brasileira não pode ser baseada isoladamente em uma ou outra perspectiva. Falsos dilemas, como foco em um programa estratégico voltado à autonomia espacial ou em programa voltado para o impacto social, não podem existir e muito menos ser motivo de impasses nos rumos e na operação do sistema de desenvolvimento. Esse tipo de dilema precisa dar lugar a ciclos virtuosos de dinâmica e aceleração do desenvolvimento espacial.

Capacidade em três perspectivas na estratégia espacial

A Figura 1 conceitua a capacidade nessa visão em três perspectivas. A capacidade de mobilizar para domínio do conhecimento e de tecnologias para o sonho da humanidade de conquistar o espaço. Representa a conquista do espaço como razão estratégica e de avanço humano com importância em si, o produto é o espaço e a capacidade de construir espaçonaves e lançadores para acessá-lo para diferentes objetivos. “Mobilizar” organizações e pessoas apaixonadas pelo desenvolvimento de competências essenciais faz parte de estratégias vencedoras em qualquer atividade avançada, como a espacial.

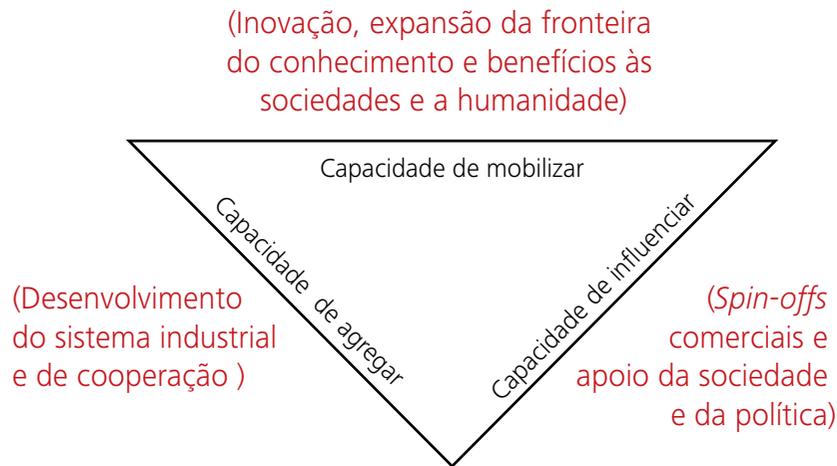


Figura 1 – Três perspectivas de capacidades a serem integradas pela estratégia

A busca do domínio tecnológico, na atualidade, é uma das principais motivações para o investimento governamental nas atividades espaciais. Dezoito missões à Lua estão atualmente em desenvolvimento no mundo, os países mais avançados possuem seus programas de voos tripulados e de missões a outros planetas, esforços estes justificados pelo desenvolvimento do conhecimento e o domínio tecnológico. A Figura 2 mostra que os programas de exploração civil do espaço representam uma terça parte de todos os investimentos governamentais no mundo.

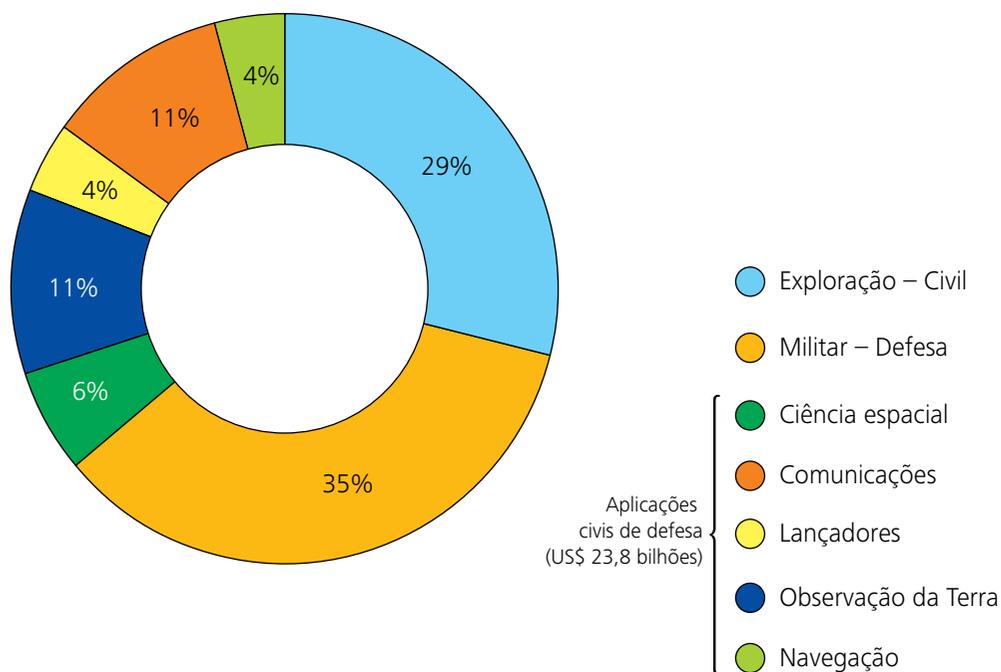


Figura 2 – Percentual de gastos governamentais em programas espaciais no mundo em 2009 (US\$ 65,6 bilhões)

Fonte: Euroconsult 2009.

Embora “mobilizar” para o domínio tecnológico seja essencial, a conquista espacial depende de uma segunda capacidade: a de “agregar” recursos para viabilizar o desenvolvimento. Buscar competências por meio de parcerias, de cooperação e de desenvolvimento de uma rede de fornecedores de produtos e serviços. Na perspectiva da conquista espacial, a capacidade de agregar é necessária e, às vezes, ela se estende a políticas governamentais de desenvolvimento industrial.

Os desafios industriais ou as estratégias de cooperação internacional, por exemplos, não são um fim, como, às vezes, faz-se crer no Brasil; eles são meios. Os arranjos devem ser orientados para viabilizar o desafio espacial nacional ou para missões específicas. Por exemplo, a missão *Calipso* (*Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation*) levou a um programa de cooperação entre as

agências Nasa e CNES e as indústrias BALL (EUA) e THALES (França). No contexto nacional americano, o programa GOES envolve a **National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)**, a Nasa e o Departamento de Comércio, em cooperação para agregar as competências e uma política industrial para viabilizá-la. A política espacial brasileira precisa ser revista. A indústria espacial não deve ser um fim como preconiza essa política, ela deve ser um meio. Esta nova visão, positiva para a atividade espacial, também poderá ser muito favorável à indústria brasileira. O mesmo vale para cooperações nacionais e internacionais em que a objetividade de intentos fará que todos ganhem.

A terceira perspectiva de capacidade é a de influenciar. Surpreender a sociedade com produtos e serviços inovadores, desenvolver *spin-offs* tecnológicos, gerar novos paradigmas de produtos e tecnologias, criar consequências e impactos econômicos, sociais e científicos. É necessário influenciar e traduzir isso em apoio e recursos de toda natureza. Os custos dos programas espaciais somente podem ser viabilizados com consequências práticas de natureza comercial ou, no caso público, impacto socioeconômico e ambiental para a sociedade.

A capacidade de influenciar também é condição necessária ou meio para a conquista espacial em si. Deve ser buscada com intensidade e com plenitude. Para isso, a estratégia de cooperação internacional e a aquisição de produtos externos podem ser utilizadas. Missões para a conquista espacial, com viabilidade técnica e operacional e com potencial para impactos sociais como consequência, devem ser incluídas em uma estratégia de priorização.

A orientação de conquista dada ao programa espacial americano trouxe como consequência resultados sociais vitais aos Estados Unidos e à humanidade. Isso é muito bem ilustrado pela importância do programa GOES para a observação da Terra, do tempo e do clima. As atividades espaciais no Brasil, desde muito cedo, tiveram orientação social com os programas de meteorologia e sensoriamento remoto por satélites, utilizando satélites internacionais e, mais recentemente, satélites de sensoriamento remoto (CBERS) e de coleta de dados próprios.

A demonstração ou o potencial de impactos é uma condição necessária para recursos e, geralmente, uma consequência natural da evolução dos programas espaciais. No entanto, assim como as demais capacidades não pode ser vista como estratégia isolada. As missões de satélites brasileiras têm caído na armadilha do “resultado social imediato” e perdem forças no que se refere a desenvolver competências essenciais e a estruturar para aglutinar recursos em cooperação com a indústria.

Política e arranjo institucional

Definida a estratégia, é necessário organizar as instituições e estabelecer mecanismos para implementá-la. O Nobel de economia de 2007 premiou grandes estudos na área de projetos de mecanismos organizacionais e econômicos. Este trabalho destaca as palestras de dois ganhadores do Nobel: *But who will guard the guardians?*, de Hurwicz (2008), e *Mechanism design: how to implement social goals*, de Maskin (2007).

Esses trabalhos estabelecem conceitos científicos que permitiriam projetar mecanismos *game-forms* para a integração das organizações do Sindae e a implementação dos objetivos do programa espacial. Esses mecanismos permitem autonomia ao desenvolvimento das organizações e papéis dessas organizações compatibilizados e consistentes com os interesses de cada organização.

A coordenação da política deve fundamentar-se em negociações e incentivos ao ambiente de autonomia (*game theoretic*) e nenhuma organização deve ter poder de veto. Isso significa uma mudança no modelo atual, baseado em processos gerenciais *non-game theoretic* fundamentados no poder de veto da organização responsável pela política e controladora do orçamento. Em outras palavras, o Sindae e, em particular, a Agência Espacial Brasileira precisam mudar sua atuação reduzindo conflitos e aumentando eficácia na obtenção de resultados.

A política espacial deve atuar com mecanismos que permitam que cada organização e o Sindae se aprimorem ou promovam mudanças para a implementação da estratégia conforme a Figura 1. Modificar o Sindae e a política para ampliar a participação da comunidade científica e tecnológica na área espacial; envolver e dar maior efetividade à participação industrial no programa; e, com resultados, conquistar o apoio da sociedade brasileira.

Embora a estratégia da Figura 1 seja válida para todas as organizações e empresas, cada uma delas pode ter função especializada para viabilizar estrategicamente o Sindae.

Política e arranjo para mobilização

Um nova política com reflexos na organização do Sindae e no programa espacial é necessária para ampliar a participação do meio científico, tecnológico e industrial no desenvolvimento de CT&I. Hoje a participação é praticamente limitada ao Inpe e ao DCTA.

O primeiro mecanismo a ser aprimorado é o de fomento da pesquisa científica e tecnológica voltada para a área espacial. Recursos de fundos setoriais e de subvenção industrial em maior volume poderiam envolver um maior número de organizações e empresas.

Outro mecanismo recomendado é o de constituir programa de satélites para efetivamente desenvolver ciências ou tecnologias. Desenvolver missões com a liderança científica brasileira ou em cooperação de natureza científica para capacitação e avanço do conhecimento nas áreas: ambiental, sistema sol-terra e astrofísica. Essas missões poderiam ser especificadas e acompanhadas de forma colaborativa pelas organizações envolvidas.

Esse programa deveria possuir consistência e cadência para atrair interesse amplo da comunidade científica e industrial brasileira. Além dos satélites, poderia incluir outros veículos, como foguetes de sondagens e balões.

As missões poderiam incluir experimentos, e a comunidade científica brasileira deverá ser envolvida em todas as etapas da missão.

Política e arranjo para agregação

As unidades executoras do Sindae, Inpe e DCTA são órgãos públicos da administração direta com imensas dificuldades de interação com empresas e outras organizações de maneira geral. Um novo Sindae deve incluir organização ou organizações com capacidade de interação dinâmica, inclusive com o mundo privado. Algumas alternativas podem ser consideradas: modificar as organizações; criar uma empresa pública; identificar um “principal contratante” privado, por exemplo.

Este artigo propõe mudanças progressivas na relação público-privada no programa espacial. Inexistem no momento empresas com experiência e recursos para assumir, como “principal contratante”, os riscos inerentes à atividade espacial. A criação de uma empresa pública é muito difícil tanto pela complexidade do processo burocrático no Estado brasileiro como pela resistência das organizações atuais em reduzir parte de seus papéis.

No entanto, os órgãos executores necessariamente devem reorganizar-se e também ganhar flexibilidade para interação com o mundo privado e, também, com outras organizações parceiras nas atividades científicas, tecnológicas e de serviços públicos. O “ecossistema” deve crescer e ganhar sofisticação.

Mudanças recentes nas leis de licitações, fundações e inovação permitem desenhar novos “ecossistemas” para as atividades de CT&I. A Medida Provisória nº 495, de 19/7/2010, promove alterações nas Leis nº 8.666/1993, 8.958/1994 e 10.973/2004, bem como revoga o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.273/2006. O art. 3º da Lei de Inovação torna possível alianças estratégicas para cooperação e desenvolvimento de projetos entre empresas nacionais, Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs) e Fundações de Apoio, com o objetivo de obter produtos e processos inovadores (inclusive projetos internacionais):

A União, os Estados, o Distrito Federal, os Municípios e as respectivas agências de fomento poderão estimular e apoiar a constituição de alianças estratégicas e o desenvolvimento de projetos de cooperação envolvendo empresas nacionais, ICTs e organizações de direito privado sem fins lucrativos voltadas para atividades de pesquisa e desenvolvimento, que objetivem a geração de produtos e processos inovadores. O apoio previsto neste artigo poderá contemplar as redes e os projetos internacionais de pesquisa tecnológica, bem como ações de empreendedorismo tecnológico e de criação de ambientes de inovação, inclusive incubadoras e parques tecnológicos.

É preciso criar nos órgãos executores “centros” de desenvolvimento e de integração de sistemas. Para articulação externa, esses centros operariam com auxílio de contratos e convênios com uma fundação de apoio ou com uma empresa, conforme orientação legal da medida provisória.

No caso do Inpe, esse “centro” teria como base o Laboratório de Integração e Testes (LIT) e a atual Divisão de Engenharia de Sistemas da Coordenação de Engenharia. Por meio de convênio ou contrato, conforme a medida provisória, esse centro operaria em articulação com um núcleo espacial vinculado

a uma fundação de apoio. Esse núcleo espacial faria a gestão dos recursos humanos e financeiros para o gerenciamento e desenvolvimento de projetos.

No futuro, esses “centros” poderiam evoluir para “empresa ou empresas públicas” com natureza jurídica que permitisse a autoadministração de recursos humanos e financeiros e, mais adiante, ao evoluir, tornasse um principal contratante espacial brasileiro com participação privada crescente.

Além das mudanças de arranjo, o artigo propõe um programa de desenvolvimento de longo prazo, estruturante, um programa de satélites e de aplicações espaciais geoestacionárias. Sugere-se, por exemplo, lançar satélites geoestacionários a cada dois anos, alternando a cada quatro anos satélites de telecomunicações e meteorológicos, projetados para cinco anos de tempo de vida, a fim de que se tenha um sistema experimental com operação continuada. Os satélites possuiriam convergência tecnológica, de forma a otimizar custos e tempo de desenvolvimento dos principais subsistemas e plataforma do satélite. Esse programa deve ser estruturante nos diversos segmentos envolvidos: base de lançamentos, lançadores e satélites.

Política e arranjo para influência

As características brasileiras criam imensas oportunidades às atividades espaciais, até no âmbito público. A sociedade brasileira, há algumas décadas, beneficia-se da tecnologia espacial por meio das diversas naturezas de aplicações espaciais – telecomunicações; observação da terra; navegação por satélites; ciência espacial –, bem como se beneficia dos inúmeros *spin-offs* tecnológicos decorrentes do esforço espacial internacional. Esse benefício advém quase totalmente de tecnologias externas com o uso de satélites dedicados ao Brasil, no caso de alguns serviços de telecomunicações, ou compartilhados com sistemas internacionais, no caso de imagens de satélites, dados meteorológicos, informações GPS e dados científicos.

Está disseminada no meio espacial brasileiro a ideia de que telecomunicações é assunto comercial. A verdade é que os investimentos mundiais provenientes de governo para pesquisa e desenvolvimento das telecomunicações espaciais avançadas são ainda muito significativos, especialmente no setor de defesa. Os benefícios potenciais das telecomunicações espaciais ao País, dadas suas dimensões conti-

mentais e seu extenso e importante mar territorial, são evidentes. O País está desestruturado nesse setor e precisa de uma estratégia para o domínio das tecnologias de telecomunicações por satélites.

As missões de observação da Terra são uma realidade a ser ainda mais explorada. Diversos tipos de missões podem ser classificados nessa categoria, desde os satélites de sensoriamento remoto para observação da superfície, os satélites de observação atmosférica, por exemplo, de medida de precipitação pluviométrica, até os satélites geoestacionários de observação meteorológica. O setor meteorológico merece atenção especial e um plano de desenvolvimento. É tecnicamente demonstrado que a qualidade da previsão meteorológica depende da assimilação de dados de satélite em órbita baixa e geoestacionária.

O Inpe é um paradigma no País pela capacidade de influência nos temas ambientais e climáticos. Há muitos anos, seus programas de monitoramento ambiental da Amazônia, de previsão de tempo e do clima fazem parte das políticas públicas e da sociedade brasileira. Mais recentemente, tem procurado aumentar essa capacidade com os sistemas de distribuição de imagens de satélites e de construção de cenários para mudanças climáticas.

No que se refere ao uso do espacial para aplicações ambientais e climáticas, a política e o arranjo institucional precisam sofrer mudanças para fortalecer o Inpe no aparelho do Estado e ampliar sua capacidade de influência. O Inpe é hoje uma unidade vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia/ Subsecretaria de Unidades de Pesquisas (MCT/SCUP). Nas relações com a AEB, convive com mecanismos burocráticos de gerenciamento e descentralização de créditos conhecidos como Termo de Cooperação e Descentralização de Créditos (TCDCs). O Inpe precisa ganhar autonomia orçamentária e de atuação estratégica multissetorial. A recomendação é que o Inpe ganhe a condição de unidade orçamentária e tenha condição jurídica de realização de convênios com transferência de recursos.

Essa capacidade de influência do programa espacial na sociedade brasileira tem sido reconhecida pelo governo e tem motivado o crescimento do orçamento espacial. Ou seja, essa é uma oportunidade a ser explorada.

A política espacial deve promover mecanismos de vínculos e de influência com outras organizações civis e de defesa brasileiras com capacidade de desenvolvimento de aplicações e do uso espacial para impacto socioeconômico.

Conclusões

O Programa Espacial Brasileiro evoluiu menos nos últimos 15 anos do que nos 15 anos anteriores, do ponto de vista do seu desenvolvimento tecnológico. Isso se deve à falta de uma política de planejamento estratégico que estimule maior autonomia de seus participantes em busca de parcerias, ampliação de atuação e construção de capacidades.

Este trabalho propõe uma estratégia com esse objetivo, baseada em combinação de atuação em três frentes distintas, que não devem ser conduzidas isoladamente:

- mobilizar para ampliar o desenvolvimento tecnológico;
- aglutinar outros participantes do setor público e flexibilizar as cooperações com o setor privado; e
- explorar sucessos já obtidos para aumentar a influência do setor e ampliar as aplicações a outros setores, como os de defesa e telecomunicações.

Futuros trabalhos poderão analisar a implantação da proposta em maior profundidade.

Referências bibliográficas

FUTRON'S 2009 SPACE COMPETITIVENESS INDEX. *A comparative analysis of how countries invest in and benefit from space industry*. Futron Corporation, 2009

ASSOCIAÇÃO AEROESPACIAL BRASILEIRA. *A visão da AAB para o Programa Espacial Brasileiro*. São José dos Campos, SP, 2010 (versão preliminar).

HAGEL III, J.; BROWN, J.S. *The only sustainable edge*. Harvard Business School Press, 2005.

COASE, R. H. The nature of the firm. *Economica*, New Series, v. 4, Issue 16, p. 386-405, 1937.

HURWICZ, L. But who will guard the guardians? *American Economic Review*, 98(3), p. 577-585, 2008.

MASKIN, E.S. Mechanism design: how to implement social goals. *American Economic Review*, 98(3), p. 567-576, 2008.

A ATIVIDADE ESPACIAL E O PODER DE UMA NAÇÃO

Walter Bartels*

Caracterização do setor aeroespacial e sua tecnologia

Dado o seu impacto inquestionável nos rumos do desenvolvimento de uma nação, a tecnologia aeroespacial é considerada estratégica, sendo extensamente apoiada pelos governos por meio de políticas diferenciadas. Esse apoio ou os suportes institucionais destinados ao setor aeroespacial são justificados pelo nível de complexidade, sofisticação, célere obsolescência da fronteira tecnológica e renovação constante dos produtos (aviões, helicópteros, motores, sistemas de defesa, mísseis e munições, satélites e veículos lançadores etc.) e, principalmente, pela dualidade de sua aplicação, civil e militar.

Outro benefício utilizado como argumento decorre do fato de que as inovações por ele geradas são rapidamente transferidas para uso em outros setores, proporcionando avanços substantivos para o bem-estar das sociedades que os desenvolvem (os chamados *spin-offs*). Inovações como a “eletrônica embarcada”; a tendência à miniaturização de componentes eletrônicos; a difusão de dispositivos informatizados; as máquinas de usinagem por controle numérico; os sistemas de desenho, engenharia e manufatura computadorizados; materiais compósitos; e células de combustível são algumas das tecnologias que foram desenvolvidas em seu âmbito. Ilustram essas aplicações muitos dos avanços observados em telecomunicações, transporte, energia, sensoriamento remoto, meteorologia, medicina e agricultura.

* Graduado em Engenharia Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), possui especialização como Engenheiro Navegante de Ensaio de Voo, pela École du Personnel Navigant D'Essais et Recèption, Istres, França. Atualmente, é diretor presidente da Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil (Aiab), membro do Conselho Superior da Agência Espacial Brasileira (AEB), membro dos Comitês Gestores dos Fundos Setoriais Aeronáutico e Espacial e vice-chairman do International Coordinating Council of Aerospace Industries Associations (Iccai).

Conseqüentemente, tanto os países detentores de uma indústria aeroespacial madura como aqueles que vêm implementando esforços para constituir tal estrutura tecnológica têm demonstrado crescente preocupação com a formulação de políticas de ciência e tecnologia ou na formação de visões estratégicas de longo prazo, que assegurem a respectiva autonomia tecnológica, a competitividade e o futuro desse setor.

Basicamente, a segmentação do setor aeroespacial é definida em aeronáutica civil, defesa e espaço, sendo suas tecnologias, além de específicas, interdependentes entre si. Ademais, suas atividades apresentam características econômicas e dinâmicas próprias e exigem a integração de conhecimentos multidisciplinares.

Tal segmentação está relacionada ao uso intensivo de uma força de trabalho de altíssima qualificação e remuneração decorrente, resistindo à automação em razão de sua baixa escala de produção, criando empregos de alto nível em todas as suas etapas: projeto, fabricação e serviços pós-venda. O desenvolvimento dos seus produtos, desde a pesquisa básica aplicada até a fase experimental, requer grande volume de capital e tempo de maturação (entre 5 e 10 anos) e seus investimentos apresentam retorno em médio e longo prazo. Entretanto, a geração de produtos de alto valor agregado torna o setor aeroespacial extremamente atraente para a expansão da pauta de exportações dos países que o detêm.

Agregação de valor – carência brasileira

Podemos fazer uma simples comparação entre países que se desenvolveram recentemente, incluindo emergentes, observando os que menos dependeram da participação do setor agrícola, de recursos naturais e/ou do comércio de *commodities*, no seu PIB.

Como exemplo, uma análise realizada em 2005, sobre o período anterior de 25 anos, mostrou que o PIB do Brasil cresceu apenas 89% (não foi possível duplicá-lo), enquanto o da Índia cresceu 400%; o da Coreia do Sul, 500%; e o da China, 1.000%. Esses países têm enfaticamente focado no desenvolvimento e na produção de itens cuja intensidade tecnológica é elevada. A análise demonstrou, ainda que o crescimento da renda *per capita* é, em geral, de 40 a 50% superior ao do PIB.

A mensuração da agregação de valor à produção pode ser demonstrada pela relação entre o seu preço e o seu peso, conceito esse aplicado pelo setor aeroespacial desde 1998, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Agregação de valor de produtos

SEGMENTO	US\$/KG
Mineração (ferro)	0,08
Agrícola	0,50
Aço, celulose etc.	0,50 – 1,00
Automotivo	15,00
Vestuário e acessórios	20,00
Eletrônico (áudio, vídeo)	200,00
Defesa (foguetes)	200,00
Aeronáutico (aviões comerciais)	1.200,00
Defesa (mísseis)/tel. celulares	3.000,00
Nuclear (urânio 3,5%)	1.800,00
Aeronáutica (aviões militares)	2.000 – 8.000,00
Espaço (satélites)	50.000,00

Fonte: Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil (AIAB).

A Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OCDE) publicou, em 1997, uma revisão da classificação de setores industriais manufatureiros e seus produtos em razão da sua intensidade tecnológica. Tal classificação foi expandida não só por levar em conta o valor da tecnologia específica (mensurada pela razão entre despesas em P&D e valor adicionado), mas também por incluir os produtos intermediários e seu desenvolvimento.

Tal estudo deve-se ao fato de que, no contexto de uma economia globalizada, a tecnologia é um fator fundamental, pois empresas que são intensivas em tecnologia inovam mais, criam novos mercados e têm produtos mais dinâmicos. Foram analisados 22 setores manufatureiros, agrupados em quatro cate-

gorias: alta tecnologia, média tecnologia, média baixa tecnologia e baixa tecnologia, como apresentado na Tabela 2. Obviamente, a referida classificação não é estática, pois, à medida que incorpora novas tecnologias, aumenta a intensidade tecnológica, como ocorreu, por exemplo, com a indústria naval.

Tabela 2 – Classificação das indústrias de acordo com sua intensidade tecnológica

(CLASSIFICAÇÃO PELA OCDE DOS SETORES INDUSTRIAIS)	
Alta tecnologia	Média alta tecnologia
Aeroespacial Computadores (TI) Eletrônica/telecomunicações Farmacêutica	Instrumentos científicos Automobilístico Maquinário elétrico Produtos químicos Outros equip. de transporte Maquinário não elétrico
Média baixa tecnologia	Baixa tecnologia
Plástico e borracha Naval Outros manufaturados Metais não ferrosos Prod. minerais não metálicos Metalúrgica Refino de petróleo Metais ferrosos	Papel Têxtil e vestuário Alimentos, bebidas e fumo Móveis e madeira

Fonte: Organization for Economic Co-operation and Development – STI Working Paper (1997/2).

A análise dos dados da balança comercial disponibilizados pela Secretaria de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, desde 2000, mostra que a indústria aeroespacial brasileira é o único setor, entre os classificados como de alta tecnologia pela OCDE, que apresenta saldo comercial positivo, enquanto os outros (instrumentos médicos e ótica de precisão, equipamentos de rádio, televisão e comunicação, material de escritório e informática e fármacos), saldos negativos.

Uma explicação plausível para o referido resultado seria o fato de que a indústria aeroespacial brasileira possui marcas próprias, reconhecidas até mundialmente nos seus nichos de mercado, enquanto os outros setores industriais instalados no Brasil também classificados como de alta tecnologia são constituídos por empresas de capital estrangeiro, que trazem sua própria tecnologia do exterior.

O jornal *O Estado de S. Paulo* publicou, em 20 de fevereiro de 2010, um artigo, do qual se destaca:

Alta tecnologia, e não agricultura ou recursos naturais. Essa é a sugestão para o desenvolvimento econômico no Brasil apresentada em uma nova iniciativa do prêmio Nobel de Economia Joseph Stiglitz e alguns dos maiores economistas do mundo. O alerta é claro: o Brasil e outros países emergentes não podem basear seu desenvolvimento e estratégias de redução da pobreza no setor agrícola, em recursos naturais ou no comércio de commodities. (...)

“O setor agrícola tem claros limites e nossa recomendação é para que nenhum país emergente dependa do setor para sair da condição de subdesenvolvimento”, afirmou Giovanni Dosi, professor de economia da Escola de Estudos Avançados de Pisa e um dos principais autores do levantamento. (...)

Segundo o estudo, o que o Brasil precisa é de “mais Embraers”. Para Dosi, a dificuldade que o Brasil tem hoje para acompanhar o crescimento da China e Índia seria compensada com uma política destinada a promover setores de alta tecnologia.

Importância de uma atividade espacial autônoma

A Constituição Federal do Brasil estabelece:

Art. 1º - A República Federativa do Brasil, formada pela união indissolúvel dos Estados e Municípios e do Distrito Federal, constitui-se em Estado Democrático de Direito e tem como fundamentos:

I – a soberania (...)

Art. 3º Constituem objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil: (...)

II – garantir o desenvolvimento nacional;

III – erradicar a pobreza e a marginalização e reduzir as desigualdades sociais e regionais;

Art. 4º - A República Federativa do Brasil rege-se nas suas relações internacionais pelos seguintes princípios:

I – independência nacional; (...)

Art. 218 - O Estado promoverá e incentivará o desenvolvimento científico, a pesquisa e a capacitação tecnológicas; (...)

§2º A pesquisa tecnológica voltar-se-á preponderantemente para a solução dos problemas brasileiros e para o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional;

Art. 219 - O mercado interno integra o patrimônio nacional e será incentivado de modo a viabilizar o desenvolvimento cultural e sócioeconômico, o bem-estar da população e a autonomia tecnológica do País, nos termos da lei federal.

O Brasil, país de dimensões continentais e uma população elevada que deverá atingir seu pico em 2060 e se estabilizar até 2100, enquanto nos países desenvolvidos ocorrerá uma diminuição, alcançará uma significativa presença econômica na última metade do presente século, especialmente se agregar maior valor a sua produção, presença essa que deverá naturalmente gerar tensões.

Suas extensas fronteira e costa, a maior cota individual de água doce do mundo, recursos naturais, a Amazônia em si e a Amazônia Azul, fazem que o País necessite cada vez mais de vigilância, controle,

dados meteorológicos, comunicações – todos esses fatores dependentes de produtos e serviços espaciais, tanto satelitais – bem como de veículos de transporte para sua colocação no espaço.

Portanto, o País não pode ficar estrategicamente dependente de países desenvolvidos, seus oponentes geopolíticos. Deve-se lembrar que, nos últimos 60 anos, ocorreram no Atlântico Sul: uma crise entre o Brasil e França, relativa à pesca clandestina na costa brasileira; e a disputa entre a Argentina e a Inglaterra em relação às ilhas Malvinas, que levou os Estados Unidos a quebrar um dos pilares da OEA – a defesa americana conjunta contra ameaça de potência estrangeira. Acrescente-se a isso a catequese internacional do relativismo sobre a posse brasileira da Amazônia pelo Brasil (e sua fonte de água doce) por meio de declarações de Albert Gore e François Mitterrand (1989), Gorbatchov (1992) e, em especial, Pascal Lamy (ONU em 2005): a Amazônia e as outras florestas tropicais do planeta deveriam ser consideradas bens públicos mundiais e submetidas à gestão coletiva, ou seja, gestão pela Comunidade Internacional”. Deve-se mencionar ainda cerceamentos tecnológicos em áreas sensíveis a produtos espaciais e de defesa, que determinam, de acordo com os ditames de nossa Carta Magna, a autonomia brasileira na área espacial.

Programa Nacional de Atividades Espaciais (Pnae)

O Brasil foi um dos primeiros países em desenvolvimento a executar atividades espaciais de forma institucionalizada, estabelecendo organizações governamentais dedicadas ao espaço desde o início da década de 1960.

Com o objetivo de disciplinar as atividades espaciais no País, foi criada, em 1971, a Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (Cobae), órgão de coordenação interministerial presidido pelo Ministro Chefe do Estado-Maior das Forças Armadas (Emfa).

No início da década de 1990, a conjuntura internacional e as mudanças internas levaram à substituição da Cobae por uma nova instituição que, além de estruturada para exercer uma atuação mais ampla, pudesse sinalizar inequivocamente o caráter pacífico das atividades espaciais brasileiras. Em 1994, foi criada a Agência Espacial Brasileira (AEB) – autarquia de natureza civil, vinculada à Presidência da República – com um leque de atribuições mais abrangentes que o da Cobae.

A condução das atividades espaciais governamentais é dada à Agência Espacial Brasileira (AEB), criada pela Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994, a qual expressa:

Art. 3º - À AEB compete:

I. executar e fazer executar a Política Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais – PNDAE, bem como propor as diretrizes e a implementação das ações dela decorrente (...)

III. elaborar e atualizar os Programas Nacionais de Atividades Espaciais – Pnae, e as respectivas propostas orçamentárias.

Os referidos programas são dezenais e definem o conjunto de iniciativas, que no referido período irão buscar os objetivos estabelecidos pela PNDAE.

Os fundamentos para o desenvolvimento das atividades espaciais foram estabelecidos pelo Decreto nº 1.332, de 8 de dezembro de 1994, o qual aprova a Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE).

I. Introdução

A presente atualização da Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), elaborada pela Agência Espacial Brasileira em cumprimento ao item II do art. 3º da Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994, e aprovada pelo Presidente da República, estabelece os objetivos e as diretrizes que deverão nortear as ações do governo brasileiro voltadas à promoção do desenvolvimento das atividades espaciais de interesse nacional (...)

Objetivos

A Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE) tem como objetivo geral promover a capacidade do País para, segundo conveniência e critérios próprios, utilizar os recursos e técnicas espaciais na solução de problemas nacionais e em benefício da sociedade brasileira.

Para a consecução deste objetivo geral identificam-se os seguintes objetivos específicos:

1. Estabelecimento no País de competência técnico-científica na área espacial, que possibilite atuar com real autonomia (...)

3. Adequação do setor produtivo brasileiro para participar e adquirir competitividade em mercados de bens e serviços espaciais (...)

Para a organização da execução das atividades espaciais, foi instituído pelo Decreto nº 1.953, de 10 de julho de 1996:

Art. 1º (...) o Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais – Sindae com a finalidade de organizar a execução das atividades destinadas ao desenvolvimento espacial de interesse nacional (...)

Art. 4º O funcionamento do Sindae será regulado mediante resolução normativa aprovada pelo Conselho Superior da AEB.

Os instrumentos legais que instituíram a condução das atividades espaciais brasileira, os objetivos e as diretrizes para o seu desenvolvimento, e a organização de sua execução coadunam com os fundamentos da República Federativa do Brasil: soberania, desenvolvimento nacional e independência. Pode-se afirmar o mesmo sobre a pesquisa tecnológica voltada preponderantemente para a solução dos problemas brasileiros e para o desenvolvimento do sistema produtivo nacional, gerador fundamental de riqueza.

Adicionalmente, o PNDAE possui uma política para a indústria espacial muito bem definida. Alguns pontos destacam-se:

Diretriz 6 – Incentivos e Participação Industrial

A participação da indústria nacional nos programas de desenvolvimento de tecnologias e sistemas espaciais é condição necessária para a efetiva absorção pelo setor produtivo da capacitação promovida por esses programas. Esta participação deverá ser prevista de forma explícita nas propostas de novos programas, devendo-se:

- promover a qualificação da indústria nacional não apenas para o fornecimento de partes e equipamentos, mas, também, para o desenvolvimento e a manufatura de subsistemas e sistemas completos;
- buscar a integração entre as equipes das instituições de pesquisa e desenvolvimento e os seus parceiros industriais, através da realização conjunta de projetos de desenvolvimento tecnológico que incluam a indústria desde a etapa de concepção; e
- buscar a aprovação de planos de longo prazo que permitam às empresas nacionais decidir, com menor grau de incerteza, sobre sua participação no Programa Espacial Brasileiro.

O mesmo documento também fornece orientações e parâmetros para a questão de cooperação internacional:

Cooperação Internacional Consequente

A cooperação internacional apresenta-se nos dias atuais como a forma natural de viabilizar os empreendimentos espaciais que, tipicamente, são bastante dispendiosos. No entanto, há que se ter clareza de que na área tecnológica a cooperação entre países não costuma ter o caráter de intercâmbio gratuito de informações valiosas. Compartilha-se o estritamente necessário à consecução do objetivo comum. Neste contexto, as seguintes orientações deverão ser observadas: (...)

- (...) iniciativas de cooperação com países que compartilhem problemas e dificuldades similares aos do Brasil deverão merecer especial atenção (...)
- Os veículos de transporte espacial merecem atenção especial, em razão da natureza das tecnologias envolvidas, das dificuldades de cooperação internacional e do valor estratégico, assegurando ao País autonomia na colocação no espaço dos satélites, plataformas e cargas úteis de seu interesse.

Resultados do Pnae – visão da indústria

A indústria espacial brasileira é a mais verticalizada dos segmentos do setor aeroespacial, pois, por meio de contratos resultantes de licitações, desenvolve o produto, adquire os insumos básicos necessários a sua fabricação, executa as atividades fabris de todos os itens necessários para o processo de qualificação e entrega o produto terminado e documentado às instituições contratantes.

Entretanto, até então os institutos de pesquisa têm se responsabilizado pela atividade de engenharia de sistemas e respectiva integração, em substituição à indústria, o que contraria a PNDAE.

Em decorrência da não introdução da indústria espacial brasileira no “desenvolvimento e manufatura” de sistemas completos, verifica-se, historicamente, que o Brasil não pode aproveitar as possíveis oportunidades comerciais geradas na área espacial. Isso decorre do fato de os domínios tecnológicos dos veículos espaciais, como um todo, serem dos institutos de pesquisa, enquanto na área aeronáutica, o então Centro Técnico de Aeronáutica (atual Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial) transferiu a tecnologia nele gerada para a indústria, a qual passou a ser responsável pelo produto completo e, a partir daí, pela criação de novos aviões. Assim, a indústria espacial não tem produto próprio para atuar no mercado, e a propriedade das partes desenvolvidas pertence às instituições.

A indústria espacial brasileira cresceu de 0,2% em 2005 para 0,57% em 2008, em sua participação no faturamento total do setor aeroespacial – uma porcentagem muito pequena, em decorrência do aspecto anteriormente citado. Levantamento realizado em 2005, visando ao estabelecimento do novo plano decenal PNAE 2005-2014, demonstrou a existência no setor privado de 853 pessoas com capacitação para a área espacial, das quais 68 eram doutores e mestres. Essa participação é sobremaneira elevada, demonstrando sua capacitação tecnológica e de inovação, como ficou demonstrada no passado, quando, de um total de 50 projetos na área do Pipe (Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas) da Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), 20% eram ligados à área espacial.

A indústria espacial brasileira, além da experiência adquirida ao longo de contratos decorrentes do PNAE, tem obtido apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia por meio do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), gerido pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), por meio de projetos apoiados por Fundos Setoriais, como por exemplo a ação transversal “Sistemas Inerciais Aeroespaciais”, ou por meio de

chamadas dos programas de Subvenção Econômica (exemplos: desde controle de atitude de satélites até propulsão líquida), assinalando que a tecnologia de propulsão sólida está consolidada no País.

Outra vertente que impede o domínio tecnológico de produtos espaciais pela indústria nacional é o excesso de programas de cooperação internacional no desenvolvimento conjunto de produtos espaciais, pois o seu domínio é compartilhado. Caso sejam realizados com países desenvolvidos ou mais avançados que o Brasil, tais programas possuem o domínio completo, como, por exemplo, a cooperação com China, que hoje é o terceiro país no mundo a colocar autonomamente um astronauta no espaço. Algumas cooperações foram realizadas de maneira totalmente oportunista, não seguindo uma orientação estratégica, tendo até mesmo ocorrido no passado uma inversão total de princípios, pois foram contratados no exterior desenvolvimentos e fornecimentos de equipamentos espaciais a serem aplicados em programa espacial de um terceiro país. Portanto, o contribuinte brasileiro pagou o desenvolvimento de tecnologia no exterior, bem como a respectiva geração de empregos de altíssima classificação, e interrompeu-se a respectiva atividade na indústria brasileira.

Também no caso dos Satélites Sino-Brasileiros de Recursos Terrestres (CBERS 3 e 4), a indústria procurou participar nas decisões da respectiva divisão de responsabilidade (*work-sharing*), pois seria mandatária, quando o Brasil cresceu de 30% para 50% em sua responsabilidade de participação no sistema de controle de atitude. Contudo, o governo brasileiro submeteu-se totalmente à posição contrária da China.

Citamos, em contrapartida, na área aeronáutica, o exemplo do desenvolvimento conjunto do Projeto AM-X, na década de 1980, por meio de uma parceria inteligente entre governo e indústria. Nesse caso, apesar de o Brasil participar com 30% do *cost sharing*, nosso País ficou com o domínio tecnológico completo do produto, e a referida atividade serviu como uma nova plataforma tecnológica para a indústria aeronáutica, notadamente para a Embraer, alavancando, a partir de investimento não recorrente da ordem de US\$ 600 milhões (década de 1980), exportações realizadas e a realizar superiores a US\$ 50 bilhões.

Outras empresas menores se beneficiaram do Programa AM-X¹, transferindo os conhecimentos nele adquiridos para a área espacial. Logicamente, tais empresas sofreram os efeitos danosos da falta de

1 N.E.: Programa ítalo-brasileiro, empreendido pelas empresas Alenia, Aermacchi e Embraer para o desenvolvimento de uma aeronave de ataque.

recursos adequados e contínuos (tanto na área espacial como na de defesa), ocorrendo, conseqüentemente, até transformações industriais. Podemos citar, como exemplo, as empresas:

- Aeroeletronica;
- Composite/Compsis e Cenic;
- Elebra/Omnisys; e
- Tecnasa/Mectron.

A indústria espacial reconhece que vários fatores contribuíram também para o resultado da pequena visibilidade do Programa Nacional de Atividade Espaciais no governo, tais como enormes flutuações dos recursos orçamentários, a total falta de apoio em permitir à AEB possuir um quadro próprio de servidores e a diluição de recursos em programas de cooperação internacional. No entanto, a Agência, até o presente momento, não cumpriu o estabelecido no art. 4º do Decreto nº 1.953 – Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais, cujo objetivo é “organizar a execução das atividades destinadas ao desenvolvimento espacial de interesse nacional”, qual seja, a forma de interação entre governo, indústria e comunidade científica, desde a concepção até o término de futuros projetos, apesar de reiteradas propostas apresentadas pela indústria.

Conclui-se, portanto, que a Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais possui as diretrizes e as orientações necessárias para a sua real inserção da indústria: aquisição de desenvolvimento de sistemas completos, o que lhe permitirá desenvolver uma arquitetura industrial ideal que inclua formalmente a engenharia de sistemas e respectiva integração. Isso exige, por um lado, o reforço na capacitação dos institutos de pesquisa em especificar e licitar tais projetos, bem como desenvolver as tecnologias necessárias; e, por outro lado, que sejam liberados seus recursos humanos, hoje despendidos em elevado número de contratos e em execução de tarefas pertinentes ao setor produtivo. Portanto, cabe à AEB, em conjunto com os órgãos setoriais do Sindae, exercer a competência a ela delegada pela sua lei de criação.

Para tanto, é fundamental a introdução da indústria desde a concepção dos produtos espaciais do Pnae, incluindo os casos de cooperação internacional, para melhor sinergia e otimização de resultados. Eis exemplos positivos recentes: i) proposto pela AEB, e aprovado por resolução do seu Conselho Su-

perior, o caso do satélite geoestacionário brasileiro; ii) veículo lançador referente ao programa SHEFEX; e iii) o futuro satélite de sensoriamento remoto por imageamento radar, em relação ao qual o Inpe informou ao BNDES que será “projetado e fabricado pela indústria brasileira”. Assim, a indústria espacial brasileira está apta, a partir dos requisitos de missão, a conceber, desenvolver e implantar sistemas espaciais que atendam a esses requisitos.

A atividade espacial e a Estratégia Nacional de Defesa – visão 2022

O governo brasileiro estabeleceu, por meio do Decreto nº 6.703 de 18 de dezembro de 2008, a Estratégia Nacional de Defesa, uma política para que órgãos e entidades da administração pública federal considerem, em seu planejamento, ações que concorram para fortalecer a Defesa Nacional. Nela também ficou evidenciada intensa interação com o desenvolvimento do País:

Estratégia nacional de defesa é inseparável de estratégia nacional de desenvolvimento. Esta motiva aquela. Aquela fornece escudo para esta. Cada uma reforça as razões da outra. Em ambas, se desperta para a nacionalidade e constrói-se a Nação. Defendido, o Brasil terá como dizer não, quando tiver que dizer não. Terá capacidade para construir seu próprio modelo de desenvolvimento;

Projeto forte de defesa favorece projeto forte de desenvolvimento;

Independência nacional, alcançada pela capacitação tecnológica autônoma, inclusive nos estratégicos setores espacial, cibernético e nuclear. Não é independente quem não tem o domínio das tecnologias sensíveis, tanto para a defesa como para o desenvolvimento.

A Estratégia Nacional de Defesa organiza-se em torno dos três seguintes eixos estruturantes, e suas diretrizes naturalmente coadunam-se com os preceitos estabelecidos pela Constituição Federal do Brasil, citados anteriormente.

O primeiro eixo estruturante diz respeito a como as Forças Armadas devem-se organizar e orientar para melhor desempenharem sua destinação constitucional e suas atribuições na paz e guerra.

O segundo eixo estruturante refere-se à organização da indústria nacional de material de defesa, para assegurar que o atendimento das necessidades de equipamento das Forças Armadas apoie-se em tecnologias sob domínio nacional.

O terceiro eixo estruturante versa sobre a composição dos efetivos das Forças Armadas e, conseqüentemente, sobre o futuro do Serviço Militar Obrigatório. Seu propósito é zelar para que as Forças Armadas reproduzam, em sua composição, a própria Nação – para que elas não sejam uma parte da Nação, paga para lutar por conta e em benefício das outras partes.

As ações estratégicas relativas à atividade espacial que irão orientar a implementação da Estratégia Nacional de Defesa na área de Ciência e Tecnologia são:

3. O Ministério da Ciência e Tecnologia, por intermédio da Agência Espacial Brasileira, promoverá a atualização do Programa Espacial Brasileiro, de forma a priorizar o desenvolvimento de sistemas espaciais necessários à ampliação da capacidade de comunicações, meteorologia e monitoramento ambiental, com destaque para o desenvolvimento de:

- um satélite geoestacionário nacional para meteorologia e comunicações seguras, entre outras aplicações; e

- satélite de sensoriamento remoto para monitoramento ambiental com sensores ópticos e radar de abertura sintética.

4. O Ministério da Defesa e o Ministério da Ciência e Tecnologia, por intermediário do Instituto de Aeronáutica e Espaço do Comando da Aeronáutica e da Agência Espacial Brasileira, promoverão medidas com vistas a garantir a autonomia de produção, lançamento, operação e reposição de sistemas espaciais, por meio:

- do desenvolvimento de veículos lançadores de satélite e sistemas de solo para garantir acesso ao espaço em órbita baixa e geoestacionária;

- de atividades de fomento e apoio ao desenvolvimento de capacidade industrial no setor espacial, com a participação do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, de modo a garantir o fornecimento e a reposição tempestiva de componentes, subsistemas e sistemas espaciais; e

- de atividades de capacitação de pessoa nas áreas de concepção, projeto, desenvolvimento e operação de sistemas espaciais.

Em decorrência da ampla capacitação já adquirida, a existência de um laboratório governamental de integração de satélites (único no Hemisfério Sul), a indústria espacial propõe como prioridades:

- retorno ao princípio definido inicialmente pela PNDAE: projetos coerentes entre si – satélites, respectivos veículos lançadores e centro de lançamento, por meio do binômio previsto no Pnae 2005-2014: i) SSR – satélites de sensoriamento remoto baseados na Plataforma Multimissão, término próximo; e ii) respectivo lançador, VLS-1B (800 Kg, em órbita baixa – LEO, até 750 KM) com lançamento a partir do Centro Espacial de Alcântara.
- satélite imageador por radar de abertura sintética, destinado ao monitoramento contínuo do desmatamento da Amazônia (meios não óticos).

Os referidos veículos espaciais deverão ser desenvolvidos pela indústria brasileira, à qual caberia, quando necessário, prover no exterior capacitação não existente no País. Isso permitiria, ainda, fornecer os satélites de imageamento necessários para atender à necessidade da Marinha do Brasil, para o seu Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul, e à do Exército Brasileiro, para o seu Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras.

No caso de satélites geoestacionários de pequeno porte (até duas toneladas), a indústria acompanha de perto a evolução da aplicação do conceito de uma parceria público-privada para atender às necessidades de cunho estratégico do governo brasileiro. Seu lançamento deverá ser realizado pela empresa binacional Alcantara Cyclone Space, por meio do veículo lançador Cyclone 4, o que permitirá ao País melhor controle e menores interferências no resultado.

Recursos financeiros brasileiros e financiamentos estrangeiros

Para tornar realidade o estabelecido pela Estratégia Nacional de Defesa, é necessário executar o disposto no capítulo 7 – Diretrizes, do Decreto nº 5.484, de 30 de junho de 2005, relativo à Política de Defesa Nacional:

VII - garantir recursos suficientes e contínuos que proporcionem condições efetivas de preparo e emprego das Forças Armadas e demais órgãos envolvidos na Defesa Nacional, em consonância com a estatura político-estratégica do País.

Consequentemente, é necessário que o governo desenhe e implemente, por meio de um instrumento legal, um orçamento destinado à área de defesa (inclui a atividade espacial) que traduza fielmente o disposto anteriormente. Tal medida, além de proporcionar ao País os meios necessários à sua capacidade de dissuasão aqui desenvolvidos e produzidos, contribuirá fortemente para o modelo de desenvolvimento nacional, por meio do fluxo de tecnologia de alto nível para outros setores industriais.

Ademais, a aquisição de produtos brasileiros pelas suas Forças Armadas abre as possibilidades de sua exportabilidade, gerando mais riqueza para o Brasil, além de fortalecer a demonstração de poder por uma nação.

Um aspecto hoje desfavorável à indústria espacial (e de defesa) são os recentes acordos de cooperação e parceria estratégica com países desenvolvidos. Impulsionados pelo conteúdo da Estratégia Nacional de Defesa, o que lhes abre um acesso privilegiado ao mercado nacional, oferecendo produtos com a promessa da transferência de tecnologia, muitas vezes esses acordos são suportados por financiamentos externos. Porém, uma vez adquirido o produto (bens ou serviços) do exterior, a indústria nacional perde o momento da janela do mercado brasileiro, bem como a incorporação de tecnologia, carga de trabalho e exportabilidade. Assim, quando a vida útil do referido produto terminar, novas tecnologias existirão, e o processo será repetido.

Adicionalmente, é vedado ao fornecedor nacional (Art. 7º, inciso IV, § 3º, da Lei nº 8.666) fornecer “recursos financeiros para sua execução”, o que não ocorre no caso de fornecedor estrangeiro, apesar do “princípio constitucional da isonomia”.

Conclusão

A autonomia do Brasil na área espacial é ditada pela Constituição Federal, ao estabelecer os fundamentos de soberania, desenvolvimento nacional, independência e autonomia tecnológica, esta última resultado do fato de o mercado interno integrar o patrimônio nacional e também de estar expressa na Estratégia Nacional de Defesa.

O Brasil apresentar-se-á na segunda metade do presente século como uma das principais potências econômicas mundiais, o que determinará a necessidade de dissuasão como previsto na Estratégia Nacional de Defesa. Sendo a atividade espacial um dos seus pilares, não caberá dependência em relação a países desenvolvidos ditos parceiros, sob pena de não eliminar o atual colonialismo tecnológico por eles imposto, por meio de cerceamento tecnológico, veladamente ou não, ou pelo uso de mecanismos tais como o MTCR (Missile Technology Control Regime)².

Portanto, na área espacial, são requeridas tecnologias desenvolvidas no Brasil, aplicadas pela indústria brasileira a produtos espaciais, necessários para atender às necessidades do País, respeitando aos ditames estabelecidos pela nossa Carta Magna. É determinante, então, alocar os recursos financeiros nacionais de forma adequada e contínua.

2 N.E.: Trata-se de um acordo entre países, informal e voluntário, para evitar a proliferação da tecnologia de mísseis capazes de transportar uma carga de 500 kg a pelo menos 300 km.

ANEXO

Programa Espacial Brasileiro – transformação de pesquisa para atendimento à Estratégia Nacional de Defesa – 2011-2022

Conceito

O Programa Nacional de Atividades Espaciais (Pnae) expressou naturalmente, desde a sua origem, o desenvolvimento de veículos espaciais com o domínio pelos institutos de pesquisa, ocorrendo, portanto, uma predominância da atividade de pesquisa, apesar de a Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE) definir a necessidade da introdução do setor industrial no fornecimento de sistemas completos.

Em face da necessidade de maior volume de meios de controle, vigilância e supervisão dependentes de produtos espaciais (não só para questões de meio ambiente, mensuração e o controle da agricultura etc., mas também para exercer a soberania nacional), é fundamental o envolvimento da indústria nacional para atender à demanda decorrente, incluindo o acesso ao espaço. Em decorrência, a indústria espacial apresenta sua visão do mercado espacial brasileiro, usando como base o programa decenal vigente – Programa Nacional de Atividades Espaciais 2005-2014 –, portanto, os respectivos produtos, bem como os previsíveis não só para atender outras necessidades do governo, exemplo a Estratégia Nacional de Defesa, mas também para clientes no mercado externo, nos respectivos nichos. Adicionalmente é apresentada a compatibilização decorrente entre satélites e veículos lançadores.

Produtos espaciais brasileiros e sua compatibilidade

Produtos existentes ou próximos (Pnae 2005-2014)

- Satélites
 - Plataforma multimissão: sensor ótico e sensor radar
 - CBERS 3 E 4
- Minissatélites ou equivalentes
 - Satélites científicos
 - Sara
- Cargas úteis
 - Experimentos de microgravidade e outros
- Veículos lançadores
 - VLS-1B
 - VLS-1
 - Foguetes de sondagem
- Centro de lançamento
 - Alcântara
- Uso comercial de alcântara
 - Brasil/Ucrânia com Cyclone 4

Produtos governamentais previsíveis (extra-Pnae)

- Satélites de sensoriamento para a área de defesa
- Satélites geoestacionários
 - Aplicação para controle de tráfego aéreo – Ministério da Defesa
 - Telecomunicações governamentais – Ministério da Defesa e outros

Produtos comerciáveis (extra-Pnae)

- Exterior
 - Plataforma multimissão/sensoriamento ótico e radar
 - Minissatélites de sensoriamento/científicos

- Exterior e doméstico
 - Satélites geoestacionários de pequeno/médio porte (<2.000 Kg)

LANÇADORES (Massa/órbita)	Cargas Suborbitais	SATÉLITES (MASSA EM KG)				
		MINI (150-200)	PMM (500-700)	CBERS (1500)	CNS/ATM (1800)	TELECOM. (<2000)
Foguetes de sondagem	X					
VLS-1 (200Kg. LEO)		X				
VLS -1B (800 Kg., LEO)			X			
Cyclone – 4 (5000Kg. LEO) (1800Kg. GEO)				X		
					X	X

Figura 1: Compatibilização entre lançadores e satélites

Fonte: Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil (Aiab).

DESENVOLVIMENTO DE SATÉLITE DE SENSOREAMENTO REMOTO DE ALTA RESOLUÇÃO

*César Celeste Ghizoni**

O Programa Espacial Brasileiro, no que se referente ao desenvolvimento de satélites de observação, teve seu início com a criação da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), em 1979, sob a liderança da Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (Cobae), subordinada ao Estado-Maior das Forças Armadas (Emfa). Eram previstos dois satélites para observação óptica da superfície terrestre, na época denominados de SSR1 e SSR2. A resolução especificada era de 60 metros em quatro bandas espectrais, para a aplicação principal em florestas e na agricultura. Dentro do programa foi desenvolvida a primeira câmara com detectores CCD no País, em 1982. A versão foi testada em voo de aeronave (Bandeirantes do Inpe), gerando imagens da região do Vale do Paraíba em São Paulo.

O programa MECB não evoluiu conforme planejado e somente em 1988, com a assinatura da cooperação Brasil-China, foi especificada uma câmara de amplo campo de visada e resolução de 220 metros no solo, para equipar os satélites do programa CBERS1 e 2 e do SSR1. Esse imageador visava atender às necessidades de observação de vastas áreas com cobertura vegetal, e os aspectos de vigilância não foram, portanto, considerados. O imageador foi desenvolvido e produziu imagens do território brasileiro a bordo dos satélites CBERS 1, 2 e 2B, enquanto o SSR1 da MECB foi abandonado. Em 2005, foram contratados um imageador de amplo campo de visada com resolução de 67 metros e uma câmara multiespectral com resolução de 20 metros para equipar os satélites 3 e 4 do programa CBERS, com previsão de lançamento em 2011. Em 2008, foi finalmente contratado o desenvolvimento de um

* Graduado em Engenharia Eletroeletrônica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), possui mestrado em Eletrônica e Telecomunicações pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e doutorado em Óptica e Lasers pela Cornell University, EUA. Possui larga experiência profissional no campo espacial, tendo participado de projetos e desenvolvimento de dispositivos de antenas e micro-ondas, de dispositivos para ótica integrada, de sistemas usando lasers, fibra óptica e eletro-ótica, de sistemas ópticos e térmicos de imageadores de satélites e de satélite de observação da Terra. Participou do Programa de Cooperação com a China na fabricação dos satélites CBERS. Atualmente, é o diretor presidente da empresa Equatorial Sistemas.

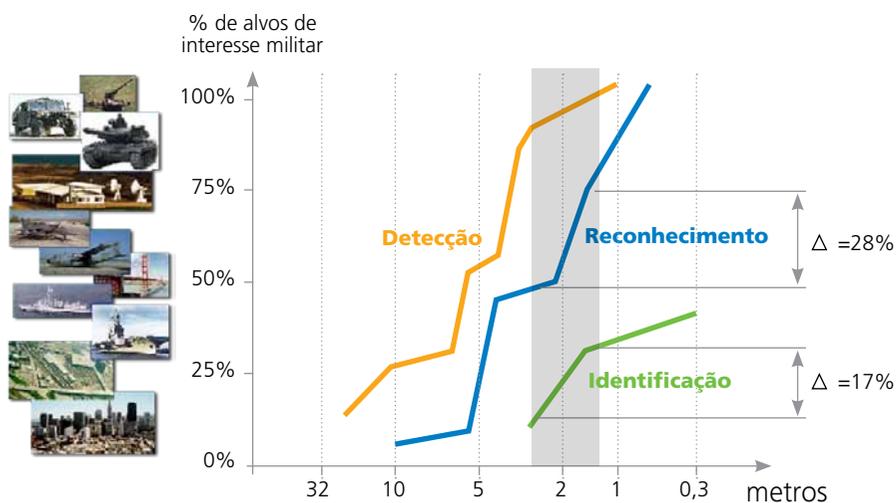
imageador com resolução de 40 metros, para equipar um satélite derivado da Plataforma Multimissão (PMM), denominado de Amazônia I. A missão do satélite é a observação da floresta amazônica com propriedades de observação global, isto é, não indicado para vigilância de regiões específicas.

Observação remota da superfície terrestre (necessidades)

O processo de observação remota de alvos sobre a superfície terrestre envolve processos da interação da radiação solar com as características físicas desses alvos. A capacidade dos instrumentos ópticos de observação remota depende primariamente dos seguintes parâmetros:

- resolução espacial (capacidade de distinguir dois alvos próximos);
- resolução radiométrica (capacidade de distinguir alvos com intensidade luminosa diferentes); e
- resolução espectral (capacidade de distinguir alvos com cores diferentes).

Desses parâmetros, a resolução espacial é o básico determinante da capacidade de observação de alvos de interesse militar (estratégico). Na Figura 1, a seguir, apresentamos um gráfico indicativo da capacidade de observação de alvos de interesse militar em razão da resolução espacial do instrumento óptico.



Obs.: A região hachurada refere-se à de operação do sistema com satélites lançados pelo VLS: resolução espacial de 1,3m a 3m em órbitas polares de 400km a 780km, respectivamente.

Figura 1 – Observação de alvos de interesse militar

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

A detecção do alvo refere-se à capacidade de acusar a presença; o reconhecimento, à capacidade de distinguir o tipo de alvo; e aquela de identificação, à capacidade de dizer qual é o alvo. No caso de um porta-aviões, por exemplo, é necessária uma resolução espacial melhor que 10 metros para detectar a presença de uma embarcação, melhor que 5 metros para reconhecer que é um porta-aviões e melhor que 2 metros para identificar qual é o porta-aviões.

Nessa figura, podemos ver que sistemas com resolução pior que 5 metros não são de interesse militar, pois permitem o reconhecimento de uma percentagem muito pequena dos alvos, menos que 25% destes. A primeira inflexão importante na curva de reconhecimento acontece para a resolução de 5 metros e uma segunda na região de 2 metros.

Outra característica importante é a quantidade de dados que pode ser armazenada e transmitida remotamente, o que é uma limitação física do sistema. Assim, quanto melhor for a resolução, menor é a área que pode ser observada (tamanho da cena); o número de pixels da cena determina a quantidade de

informação a ser transmitida e, portanto, o tamanho da memória do gravador assim como a potência do transmissor.

Os desenvolvimentos no Programa Espacial Brasileiro (Programa Nacional de Atividades Espaciais – Pnae), no que se refere à observação remota a partir de satélites em órbita baixa, foram e estão sendo feitos em direção oposta à necessária para a observação de alvos de interesse militar. São satélites para gerar imagens de grandes áreas, com resolução relativamente baixa e com interesse na cobertura global.

Outra característica importante de um sistema de alta resolução é a capacidade de apontamento com agilidade do satélite para regiões específicas, obtida via comando a partir do centro de controle do satélite. Essa também não é uma propriedade dos satélites planejados no Pnae.

Ainda com relação ao aspecto estratégico do lançamento em órbita de satélites de observação de alta resolução, é de extrema relevância a capacidade própria de fazê-lo. No caso, o Pnae prevê o desenvolvimento de lançadores (foguetes) da classe do VLS com capacidade de lançar satélites de pequeno porte. Mais uma vez, o desenvolvimento dos satélites no Pnae não contemplam essa possibilidade. Tanto os CBERS (perto de 2.000 kg) quanto os da PMM (próximo de 700 kg) não são compatíveis com o VLS.

Em resumo, o programa, no aspecto do desenvolvimento de satélites, não atende à Estratégia Nacional de Defesa (END) no tocante às necessidades de observação remota com alta resolução.

Requisitos para um sistema espacial de vigilância: necessidade

Um sistema espacial de vigilância territorial deve atender aos requisitos principais:

- operacional: detectar e reconhecer alvos de interesse militar, respondendo às questões onde, quando e como;
- autônomo: produção dos satélites e sensores adequados; e
- estratégico: capacidade de colocar satélites em órbita.

Para cada dimensão existe uma solução, entretanto, fazendo-se a escolha de solução para uma das dimensões, as outras são de certa forma consequências. Na Figura 2 a seguir, apresentamos as dimensões do espaço de requisitos, bem como a correlação entre elas. Por exemplo, se o lançador deve ser da classe do VLS (eixo 3), com capacidade de lançar satélites de até 200 kg, a dimensão 1, referente aos requisitos operacionais, leva a uma solução com pequenos satélites operando em constelação.

O atendimento à dimensão 3, referente à autonomia no lançamento dos satélites, implica a utilização do VLS a partir do CLA, com a consequência de que os satélites devem ser de pequeno porte. Para atender à dimensão 1, que implica boa resolução espacial e curto tempo de acesso a qualquer região, o sistema deve ser constituído por uma constelação desses pequenos satélites de última geração tecnológica. Finalmente, para que se alcance a autonomia na produção dos satélites, é necessário que o programa faça o máximo uso dos desenvolvimentos atualmente em curso no País, isto é, aproveite ao máximo os resultados de projetos financiados pelo governo (Finep, por exemplo) em andamento. Essa é uma solução que atende, de forma otimizada, aos três principais requisitos da tríade.

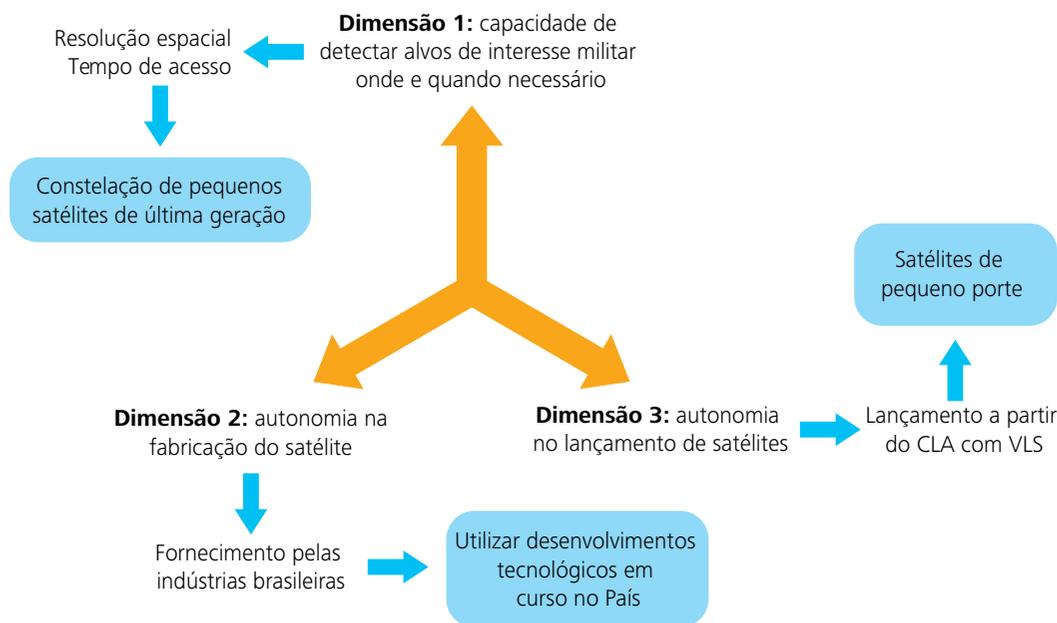


Figura 2 – Solução que atende à tríade de requisitos

Há ainda uma questão que deve ser respondida: produzir ou comprar as imagens?

O Quadro 1 apresenta as vantagens e as desvantagens de uma ou outra opção.

É bastante evidente que a opção por compra de imagens não atende aos requisitos da Defesa e deve ser, portanto, desconsiderada como opção para um sistema operacional de vigilância.

Como conclusão sobre a situação atual no País, afirmamos que:

- o programa de lançadores VLS está orientado na direção de satisfazer os requisitos da dimensão 2, sobre a conquista de autonomia no lançamento de satélites pequenos de alta resolução; e
- o programa de satélites, entretanto, é orientado para aplicações outras que a de observação em alta resolução, não satisfazendo os requisitos da dimensão 1. São satélites com pouca agilidade, alta massa e sem o domínio tecnológico de partes críticas – caso do sistema de controle, chinês no caso do CBERS e argentino no caso da PMM.

Desempenho do sistema	Comprar	Produzir
Cobertura global	Difícil	Sim
Garantia de acesso aos dados	Não	Sim
Produto adaptado às necessidades	Sem garantia	Sim
Controle das especificações de desempenho	Não	Sim
Utilização do sistema		
Confidencialidade das tarefas	Não	Sim
Evita conflitos entre usuários	Não	Sim
Confidencialidade da coleta de dados	Não	Sim
Disponibilidade do sistema		
Garantia de disponibilidade	Não	Sim

Quadro 1 – Comparativo entre opções

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

Solução proposta

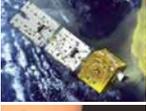
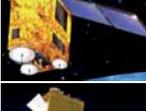
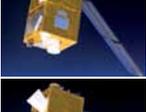
A solução proposta é trazer uma plataforma de satélites adequada de última geração para ser montada no Brasil e, gradualmente, desenvolver fornecedores locais das partes constituintes. Evitar-se-á iniciar um desenvolvimento novo sem ter adquirido o conhecimento necessário para especificar os subsistemas do satélite e sobre as tecnologias mais adequadas. Apresentou-se uma proposta, por solicitação da AEB ao Ministério da Defesa, de um satélite de observação (Sentinela) com esse conceito.

Cabe ressaltar que o projeto CBERS utiliza tecnologia da década de 1980 adaptada à cultura tecnológica chinesa. Já a PMM é um projeto da década de 1990, sem herança tecnológica definida, cujo primeiro satélite está ainda em desenvolvimento. As especificações, em especial as dos equipamentos do subsistema de controle de órbita e altitude, não são adequadas para missões de observação com alta resolução.

Esse modelo de implantação tecnológica é um grande sucesso na indústria automotiva. Uma marca reconhecida e respeitada inicia a montagem de um modelo simples no País, gradualmente são desenvolvidos os fornecedores locais de autopeças e, em prazo relativamente curto, é projetado e produzido modelo mais sofisticado. O Brasil é hoje o sexto maior fabricante de veículos em nível mundial, com 50 fábricas instaladas, produzindo 4 milhões de veículos e exportando cerca de 24 bilhões de dólares por ano.

Uma opção interessante é a plataforma Miríade, desenvolvida na França, e comercializada pela EADS Astrium. Já são 17 satélites derivados dessa plataforma em um período de seis anos. Desses satélites, 11 operam em órbita e 6 encontram-se em fase final de desenvolvimento. O Quadro 2, a seguir, apresenta um histórico da utilização da plataforma Miríade. Uma segunda opção são os produtos da SSTL, uma empresa associada à universidade de Surrey na Inglaterra.

Essa plataforma, AS 100, mostrou-se altamente confiável, utiliza tecnologia de última geração e possui um histórico de voo excelente.

Programa	Nº sat	Status	Lançado	Prime	Cliente	Satélite
Demeter	1	Em operação	6/2004	CNES	CNES	
Essaim	4	Em operação	12/2004	Astrium	French MoD	
Parasol	1	Em operação	12/2004	CNES	CNES	
Picard	1	Em operação	2009	CNES	CNES	
Microscope	1	Em desenvolvimento	2012	CNES	CNES	
Spirale	2	Em operação	02/2009	Astrium	French MoD	
Elisa	4	Em desenvolvimento	2010	Astrium	French MoD	
ALSAT-2	2	Em operação	2009	Astrium	ASAL (Argélia)	
SSOT	1	Em desenvolvimento	2010	Astrium	Chilean MoD	

Quadro 2 – Histórico do Astrosat AS 100/Myriade

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

O satélite de observação em alta resolução derivado da plataforma Miriade é apresentado na Figura 3. O instrumento óptico (telescópio) é acoplado à plataforma Miriade para compor um satélite de observação (sensoriamento remoto).

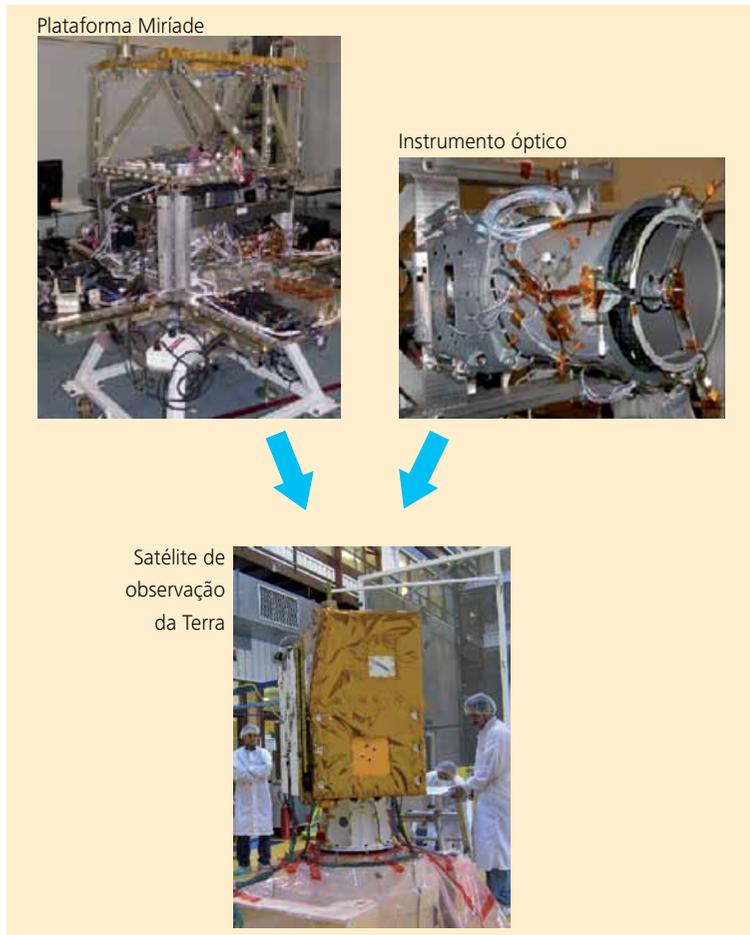


Figura 3 – O satélite de observação de pequeno porte

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

As principais características do satélite de observação são:

- resolução espacial (@ 700 km):
 - 1,5 metros (pancromática e colorida);
 - 6 metros (multiespectral);
- memória: 64 Gbits;
- controle em 3 eixos: 0,05;
- agilidade: basculamento de +/- 30 em 90 segundos;
- tempo de vida em órbita: maior que 5 anos;
- massa de lançamento: 130 Kg; e
- herança: AS 100 da EADS Astrium:
 - ITAR free; e
 - acordo com Equatorial Sistemas para produção no Brasil.

Industrialização

A industrialização do AS 100 no Brasil segue planejamento de crescimento gradual do fornecimento local por empresas brasileiras, hoje fornecedoras do PNAE. Com o objetivo de apresentar resultados em curto prazo e, assim, adquirir credibilidade, nosso plano é de priorizar o prazo de entrega do primeiro satélite da constelação e programar a utilização dos resultados de projetos em andamento e financiados pelo governo brasileiro, em geral pela Finep, nos satélites subsequentes.

Para o primeiro satélite, a ser desenvolvido em dois anos, o conteúdo local planejado seria:

- gerenciamento e engenharia de sistemas (50%);

- garantia da qualidade;
- montagem, integração e testes;
- estrutura mecânica;
- sensor solar;
- gerador solar; e
- propulsão.

O conteúdo local seria de 37%, aproximadamente no primeiro satélite a ser desenvolvido em dois anos. Para os demais, será feito o uso dos resultados dos projetos em desenvolvimento e já financiados pela Finep e pelos fundos setoriais. Na Figura 4, apresentam-se uma visão desses projetos e sua utilização.

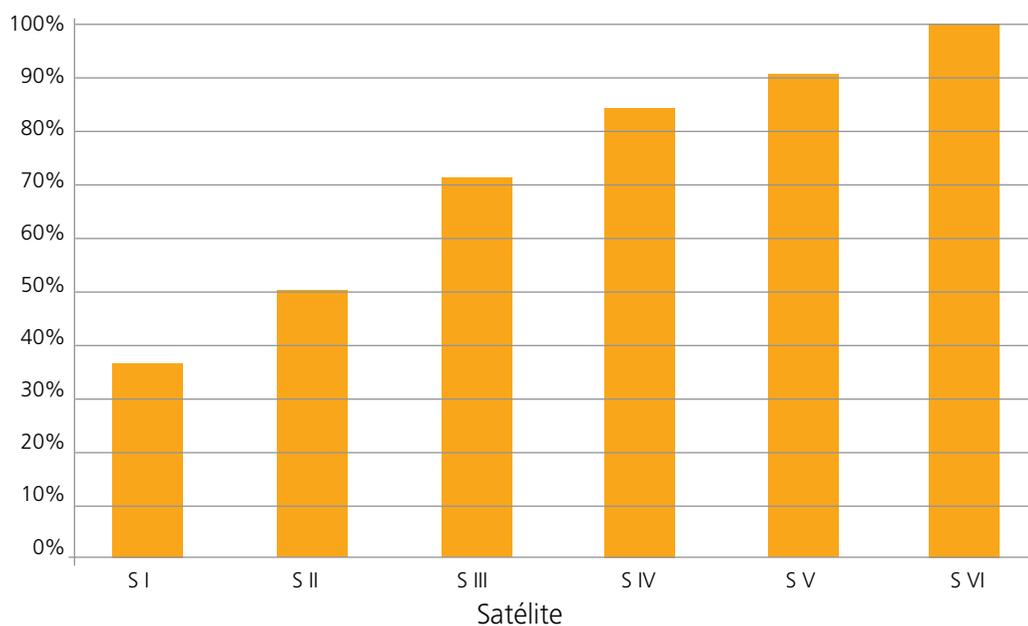
	SAT I	SAT II	SAT III	SAT IV	SAT V	SAT VI
Nacionalização de equipamentos e subsistemas	37%	50%	72%	81%	88%	100%
Desenvolvimento I: SIA (Inercial) - Fundos setoriais						
Desenvolvimento II: Tecnologia SiC (óptica) Fundo Setorial						
Desenvolvimento III: Receptor GPS - Subvenção						
Desenvolvimento IV: Computador de bordo - Subvenção						
Desenvolvimento V: Software de Voo - Subvenção						
Desenvolvimento VI: Sensor de estrelas - Subvenção & fundo						
Desenvolvimento: PCDU e Bateria - Próprio						

Figura 4 – Utilização de projetos financiados pelo governo (Finep)

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

Essa situação pode ser modificada em razão do sucesso dos projetos ora em desenvolvimento. É o caso do projeto SIA, para desenvolver as unidades inerciais baseadas em giroscópios a fibra óptica, por exemplo.

A solução proposta, de utilização dos resultados dos projetos em andamento, é virtuosa no sentido de criar mercado para os produtos desses projetos e gerar autonomia na produção dos satélites. O gráfico da Figura 5 apresenta a evolução da nacionalização, considerando o prazo de dois anos para a produção de cada satélite.



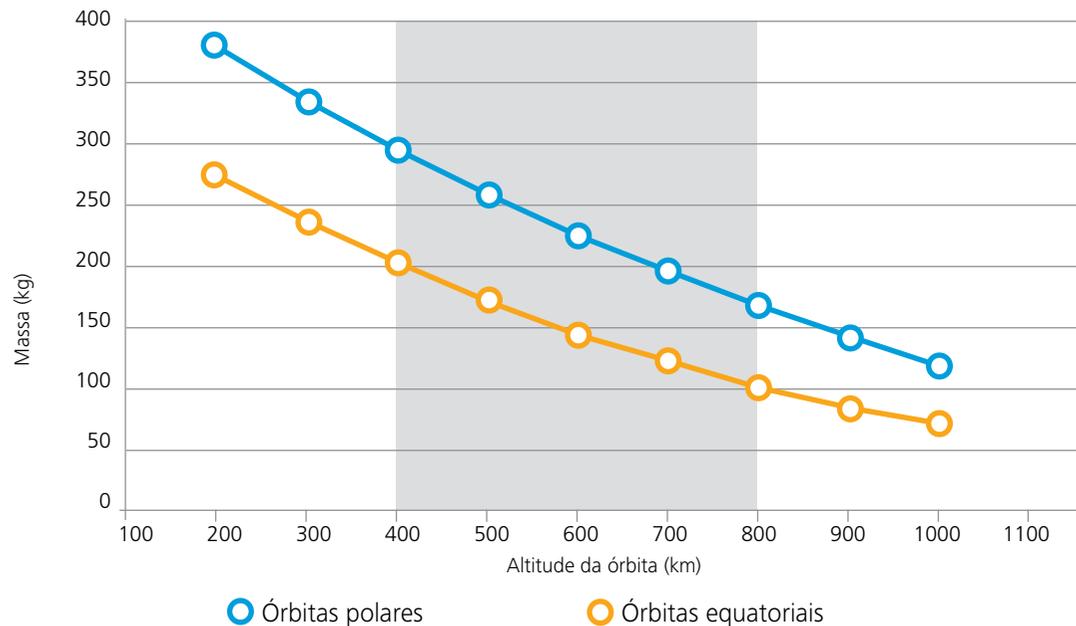
Obs.: Crescimento gradual da nacionalização do satélite da constelação. O sexto satélite utilizará todas as partes (equipamentos e subsistemas) produzidas por empresas brasileiras.

Figura 5 – Nacionalização do fornecimento do satélite da constelação

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

Lançamento em órbita

Para atender a um dos requisitos da tríade (dimensão 2), a utilização de veículo lançador brasileiro é essencial. No caso presente, o VLS em desenvolvimento no DCTA possui características compatíveis com a massa de 130 kg dos satélites da constelação, conforme podemos ver na Figura 6. As duas curvas referem-se a órbitas polares (inferior) e equatoriais (superior).



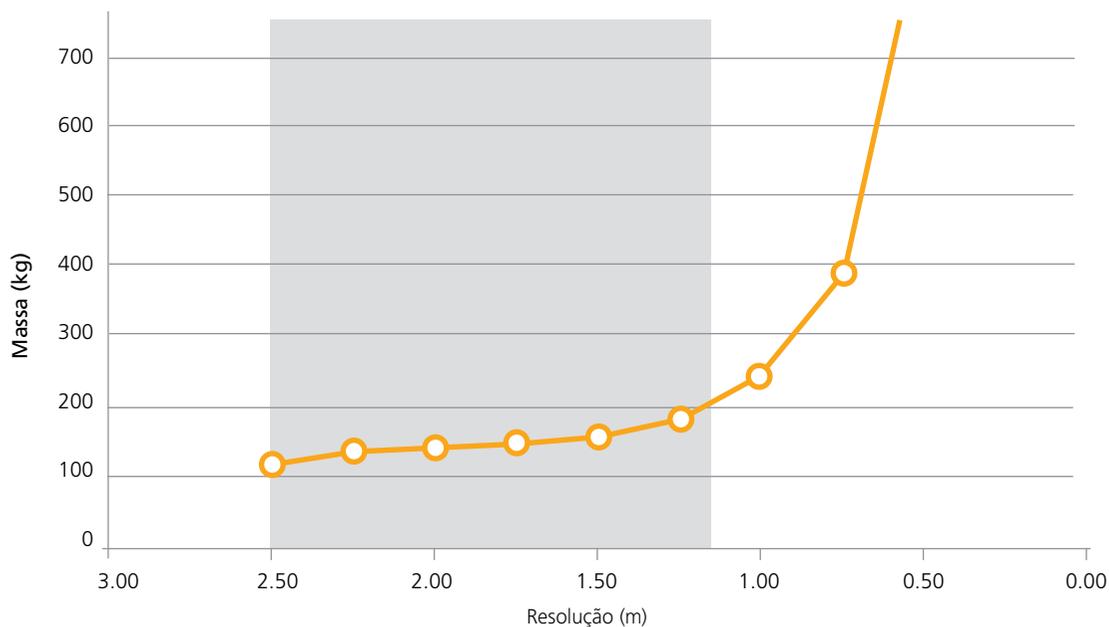
Obs.: Capacidade de satelização do VLS. A área hachurada delimita os intervalos de massa de satélite (100 a 200 kg) em órbitas polares.

Figura 6 – Capacidade de satelização do VLS-1

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

No gráfico da Figura 7, apresentamos uma aproximação para a massa em função da resolução espacial, para a classe de satélites, como o AS 100 (Sentinela), a uma órbita nominal de 600 km. A área hachurada delimita a região de resolução espacial, que pode ser alcançada com satélites lançados pelo VLS-1. Na órbita nominal, próxima de 600 km, pode-se alcançar resolução de 1,5 metros.

Com a evolução do projeto do VLS para capacidade de até 400 kg em órbita polar, poderá ser alcançada resolução espacial submétrica.



Obs.: Massa de satélite em função da resolução no solo. A área hachurada delimita intervalos de massa e resolução possíveis para lançamento com VLS, no caso, com resoluções de 1,2m a 2,5m e massas de 200kg a 120kg, respectivamente.

Figura 7 – Massa do satélite em função da resolução espacial no solo

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

Desempenho funcional da constelação

Uma constelação de satélites da classe AS 100 (Sentinela) atende aos requisitos de observação frequente de regiões específicas. Um estudo de possíveis configurações foi feito e alguns resultados são apresentados nas Figuras 8 a 11.

As conclusões do estudo mostram que quatro satélites em órbita polar garantem acesso diário a qualquer região específica. Uma configuração com três polares e um em órbita de baixa inclinação (equatorial, por exemplo) aumenta muito o acesso a uma região em torno da latitude extrema da órbita de baixa inclinação. No caso da Figuras 10 e 11, o número de acessos a uma região escolhida (próxima do equador, no caso) é de 145 em 30 dias. Essa configuração com um satélite em órbita de baixa inclinação, próxima do equador, aumenta muito o acesso a essa região, minimizando os efeitos da cobertura de nuvens em certas épocas do ano.

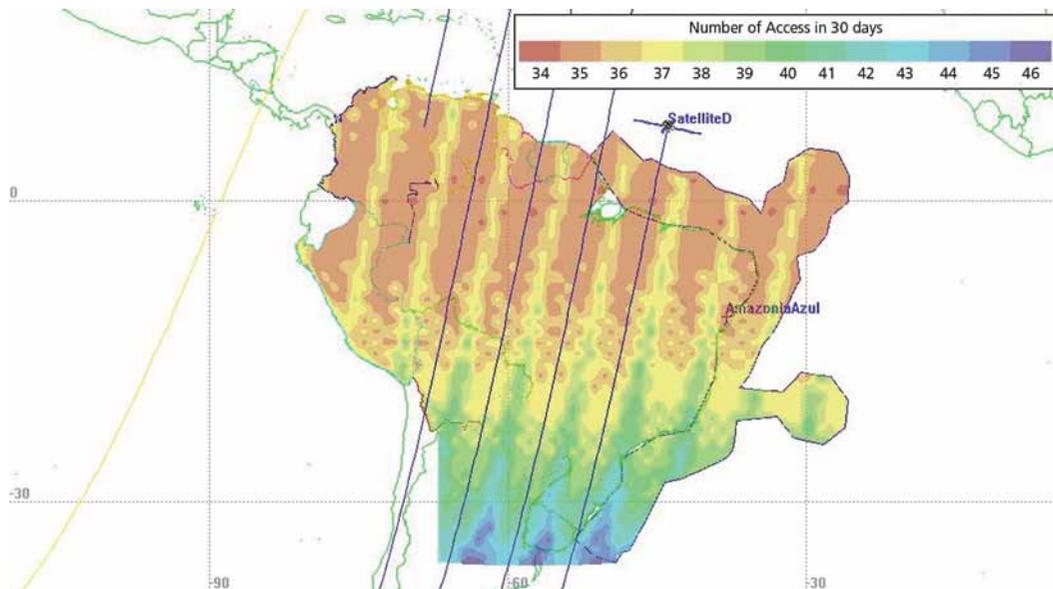


Figura 8 – Cobertura com quatro satélites polares

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

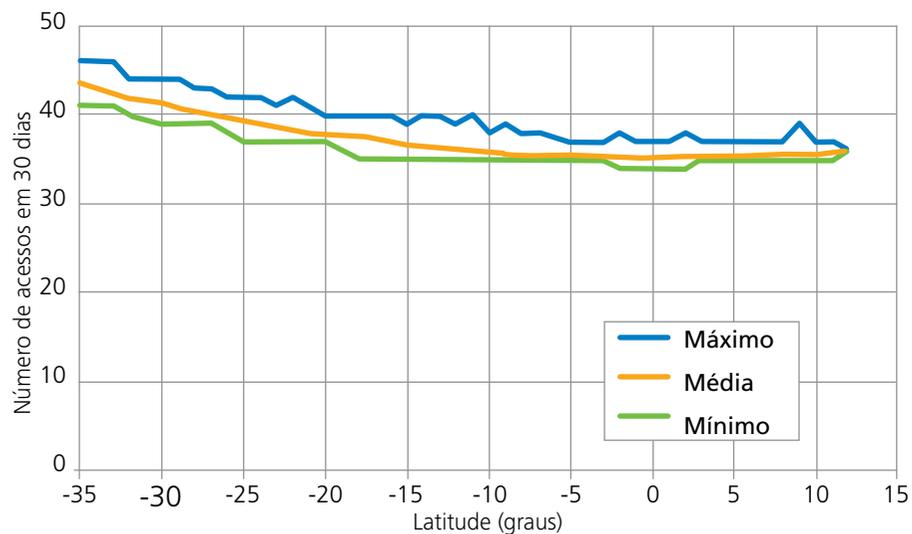


Figura 9 – Número de acessos por mês em função da latitude

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

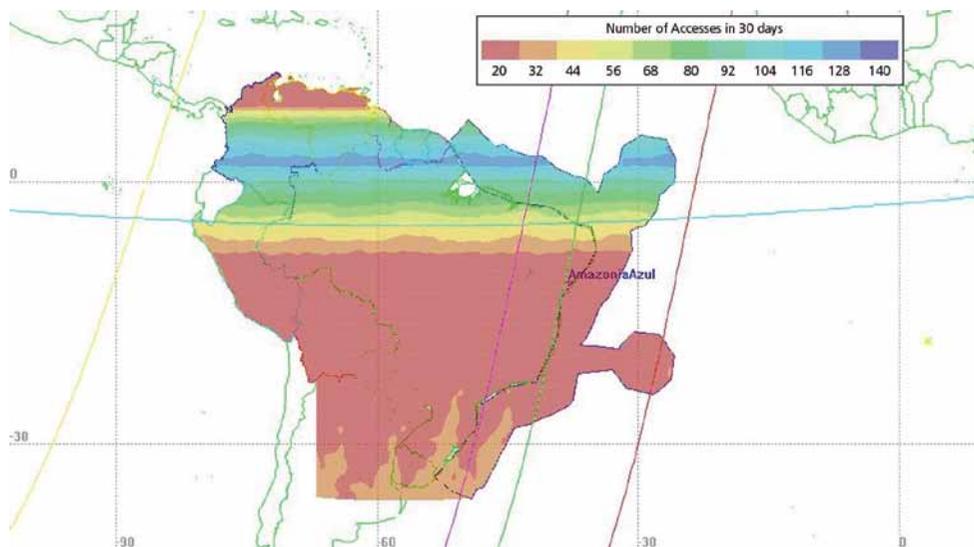


Figura 10 – Cobertura com três satélites polares e um equatorial

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

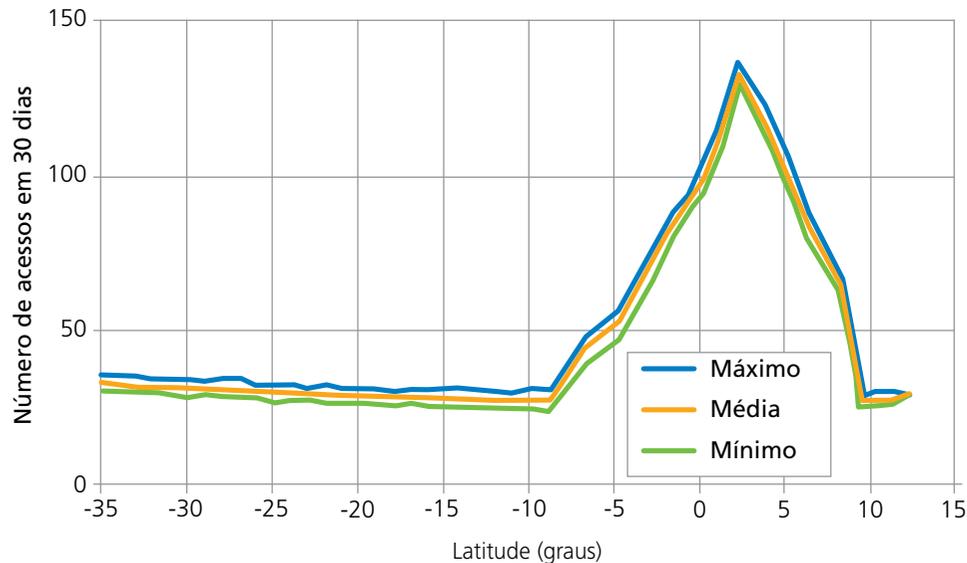


Figura 11 – Acessos mensais com três satélites polares e um equatorial (Constelação 3p+1eq)

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

Interessante é a possibilidade de sintonizar o número de acessos por meio da escolha da inclinação da órbita. Poder-se-ia escolher uma inclinação, por exemplo, para maximizar os acessos à região do pré-sal e/ou para minimizar os efeitos da cobertura de nuvens sobre a região amazônica.

De acordo com os estudos feitos por Carlos Federico de Angelis, sobre a nebulosidade na região amazônica, o ciclo diurno de nebulosidade apresentou mínima intensidade no horário entre 1200 e 1300 UTCs e máxima entre 1600 e 1700 UTCs. Foram analisados dados de 2005 a 2008, coletados a cada 30 minutos durante os horários de iluminação solar. Novamente, os satélites utilizados pelo Inpe, mesmo o Amazônia I, não têm passagem sobre o equador nos melhores horários, pelo contrário. Um satélite da constelação colocado em órbita de baixa inclinação, próxima ao equador, aumenta muito a probabilidade de observação de regiões específicas, pois o ele passará muitas vezes por dia em horários diferentes. Na Figura 11, pode-se ver que o número de acessos à região próxima do equador é mais que 130 por mês, quando os satélites CBERS têm menos que dois acessos por mês e o Landsat cerca de dois por mês.

O número de acessos mensais depende da quantidade de satélites da constelação, conforme o gráfico da Figura 12.

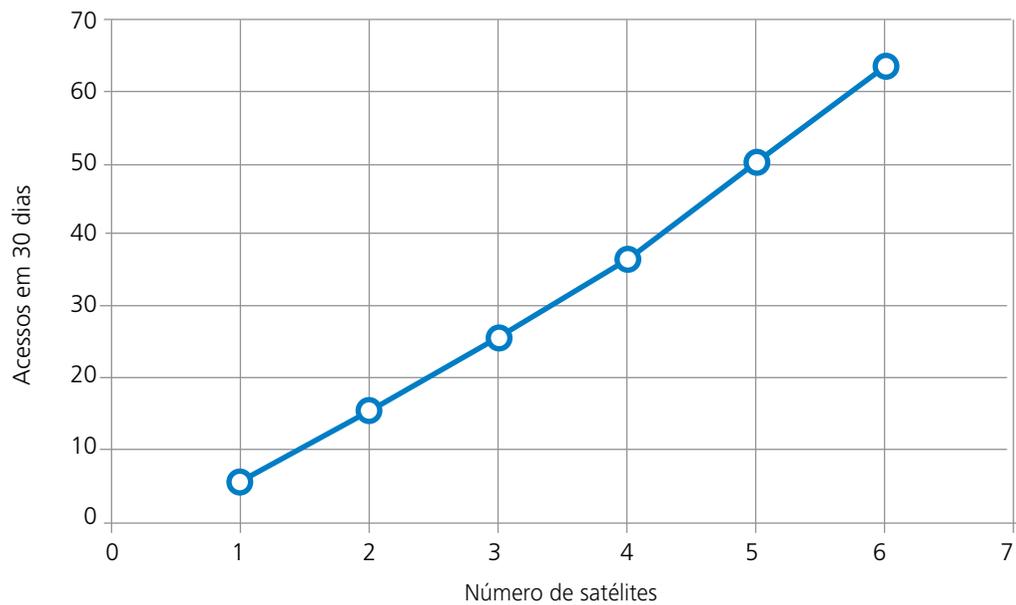


Figura 12 – Acessos como função do número de satélites (Constelação em órbita polar)

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

Nas Figuras 13 a 17, são apresentados exemplos dos produtos que serão gerados com o sistema de observação proposto.



Figura 13 – Produto 2A típico

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

A foto da Figura 13 é da cidade do Rio de Janeiro, com uma cena de 10,5 km² x 10,5 km², quatro bandas espectrais e resolução espacial de 6 metros.

Na Figura 14, pode-se ver a imagem bruta do aeroporto do Galeão, pancromática e sem tratamento, com resolução de 1,5 metros. Na Figura 15, a imagem pancromática restaurada e finalmente, na Figura 16, a imagem colorida combinada com a pancromática (realce), com resolução final de 1,5 metros.

A qualidade das imagens é adequada para uma grande variedade de aplicações na observação de alvos de interesse militar e do meio ambiente.

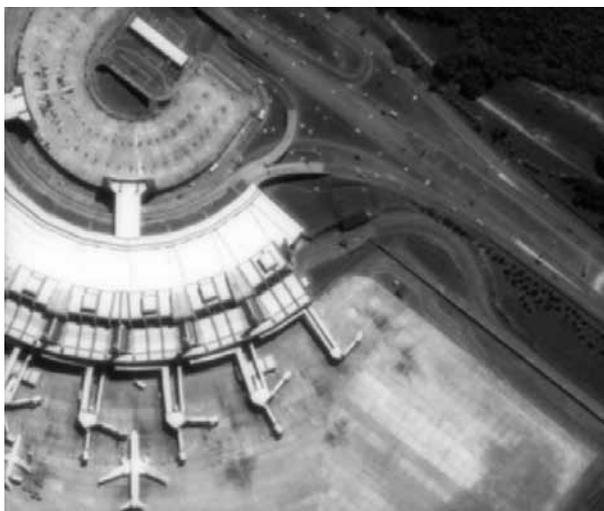


Figura 14 – Imagem bruta

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.



Figura 15 – Imagem restaurada

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.



Figura 16 – Imagem colorida com realce pancromático

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

Satélites com radar de abertura sintética (SAR)

Em decorrência da incidência de nuvens, principalmente sobre a região tropical, o sistema de observação deverá ser apoiado com radar embarcado em satélites. A plataforma para carregar instrumento radar é, entretanto, maior que a utilizada na observação óptica. Aqui, nossa proposta é fazer uso da herança tecnológica alemã em radares orbitais, uma das mais avançadas do mundo. As principais características do satélite com radar (SAR) de abertura sintética (baseado na plataforma AS 250 da EADS Astrium) são as seguintes:

- operação na banda X;
- órbita: entre 500 km e 600 km;
- massa do satélite: 250 kg a 400 kg;

- dimensões da antena: 2,5 m² x 1,1 m²; e
- máxima largura de banda: 300 MHz.

Na Figura 17, apresentam-se os modos de operação do instrumento SAR e, no Quadro 3, as funcionalidades para os diferentes modos de operação.

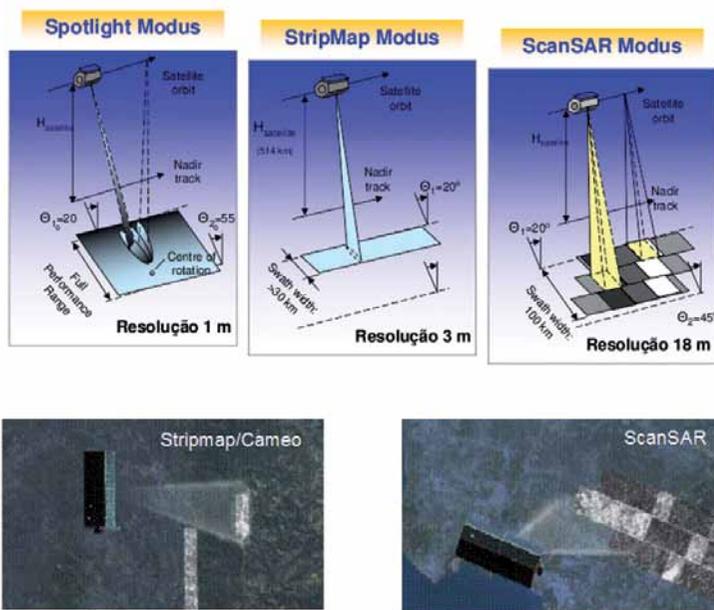


Figura 17 – Modos de operação do SAR

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

Modo	Stripmap1	Stripmap2	Stripmap3	ScanSAR	Marítimo
Resolução	1m	3m	6m	18m	-
Largura da cena	5km	10km	15km	40km	900x1800km

Quadro 3 – Funcionalidades dos diferentes modos

No modo marítimo, não há geração de imagem. É o contraste entre um alvo metálico contra a água do mar que gera eco no radar. Esse modo é muito útil para detectar a presença de embarcações não autorizadas em determinadas regiões. Detectada a presença, então o satélite pode apontar para o local e gerar imagens.

Na Figura 18, apresenta-se uma imagem espetacular de embarcações no Estreito de Gibraltar, com o SAR operando no modo StripMap e resolução de 3 metros.

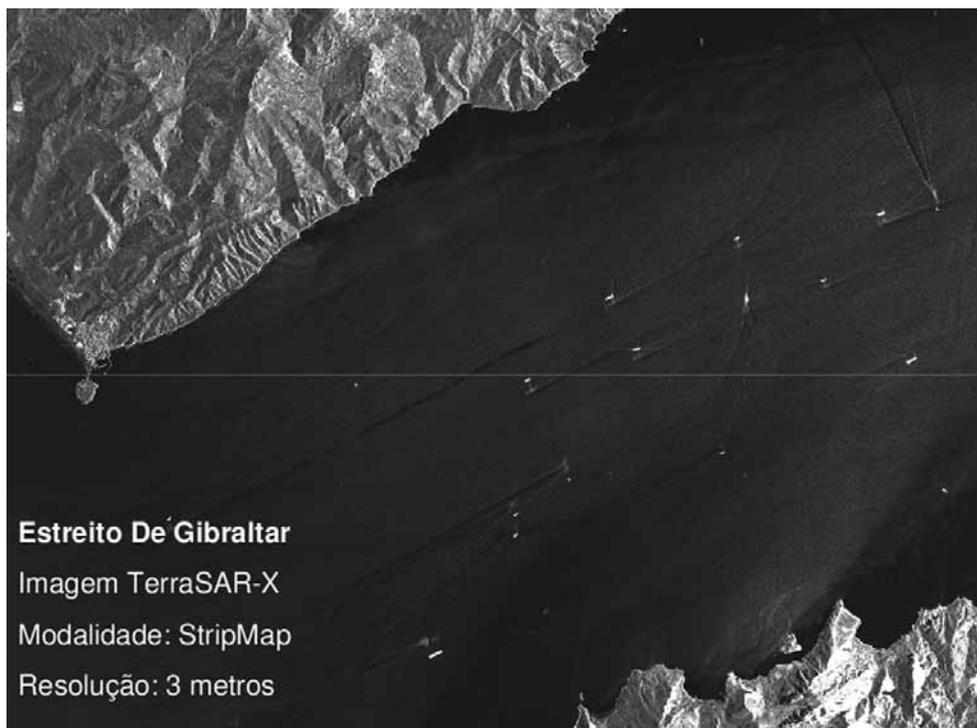


Figura 18 – Embarcações no Estreito de Gibraltar

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

A cobertura com dois satélites SAR, um polar e outro com órbita de 35, é mostrada na Figura 19. Uma vez mais nota-se a possibilidade de sintonizar a órbita para aumentar o número de acessos a uma determinada região. Essa possibilidade é muito interessante para se obter maior vigilância sobre determinada região, como o caso do pré-sal, um exemplo de aplicação real.

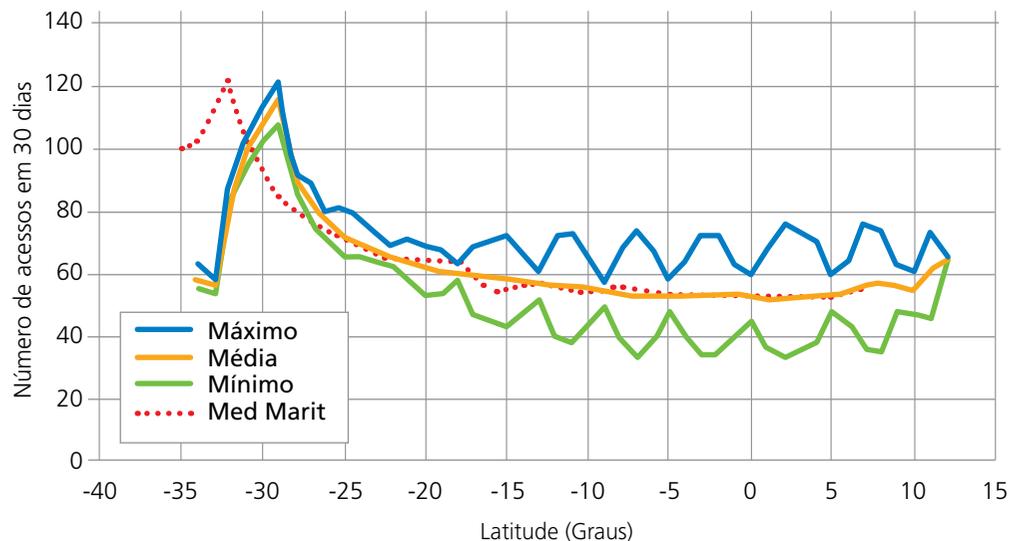


Figura 19 – Número de acessos para dois satélites SAR (Constelação SAR - 1p+1eq 35)

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

Visão para 2022

A evolução temporal do desenvolvimento é mostrada na Figura 20. A barra inicial representa o período de desenvolvimento/fabricação do satélite e aquela na sequência, a operação em órbita.

Para os satélites ópticos, estimam-se dois anos para o desenvolvimento e cinco para operação em órbita. O desenvolvimento do SAR terá início em 2014 e o primeiro entraria em operação por cinco anos, em 2017. Em 2017, tem início o desenvolvimento do satélite óptico para observação submétrica. O prazo de desenvolvimento é estimado em quatro anos, entrando em operação em 2021. O investimento total, em 13 anos, é de R\$ 2,2 bilhões, distribuídos conforme a Figura 20.

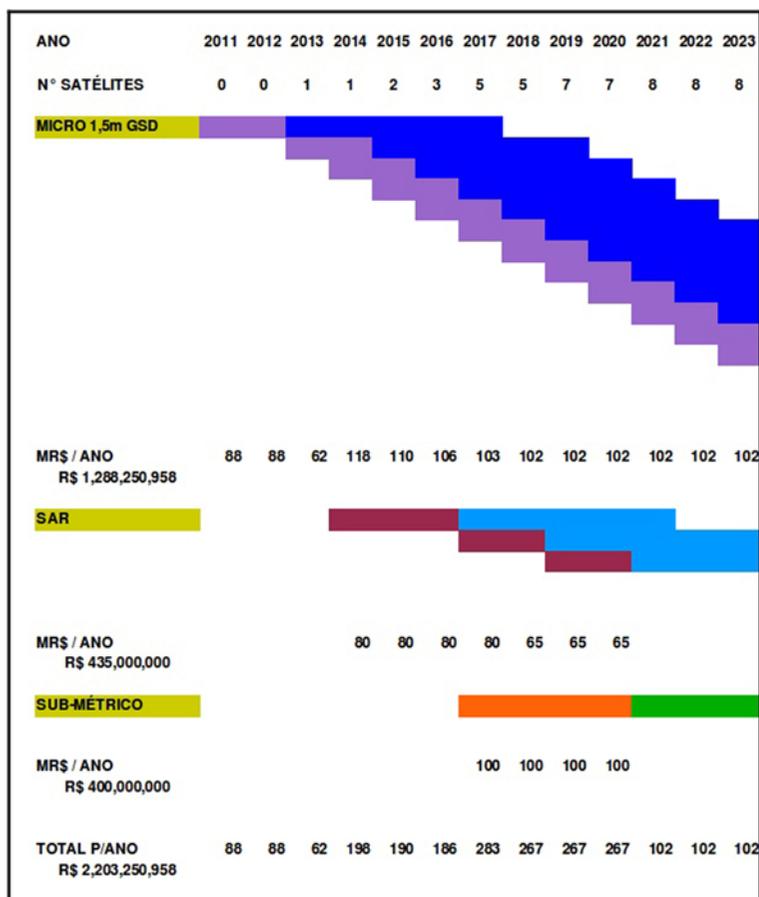


Figura 20 – Satélites produzidos e em órbita até 2023

Fonte: Equatorial Sistemas, 2010.

A constelação completa a partir de 2021 será composta por três famílias, totalizando oito satélites operacionais:

- **F1:** Cinco satélites ópticos pequenos (massa de 100 kg) da classe AS-100 (Sentinela) com agilidade, operando em constelação de quatro a seis, para prover acesso diário a regiões específicas. Podem ser lançados para missões muito específicas em curto período de tempo.

- **F2:** Dois satélites SAR (massa entre 250 kg e 400 kg) da classe AstroSAR ou AS-250, para complementar a observação sob qualquer tempo e para aplicações na observação da costa marítima.
- **F3:** Um satélite óptico submétrico (massa até 400 kg) da classe AS-250, para observações específicas e pontuais de detalhes não detectáveis com a constelação dos pequenos.

Essa constelação fará a cobertura das regiões de interesse e utilizará estações de recepção e gravador de dados a bordo, a saber:

- **região primária:** território brasileiro, Amazônia, costa marítima, fronteiras (dentro da visibilidade de estações);
- **região secundária:** América do Sul, Caribe e florestas tropicais (estações e gravador); e
- **região terciária:** resto do globo em geral (somente via gravador de bordo).

Na Figura 21, podemos visualizar as regiões de interesse. As florestas tropicais serão observadas com satélites em órbitas de baixa inclinação (óptico e SAR). Com satélites em órbitas de baixa inclinação (equatoriais), as florestas tropicais do globo serão acessadas com frequência relativamente alta, fato que é uma vantagem competitiva com relação aos sistemas atuais.

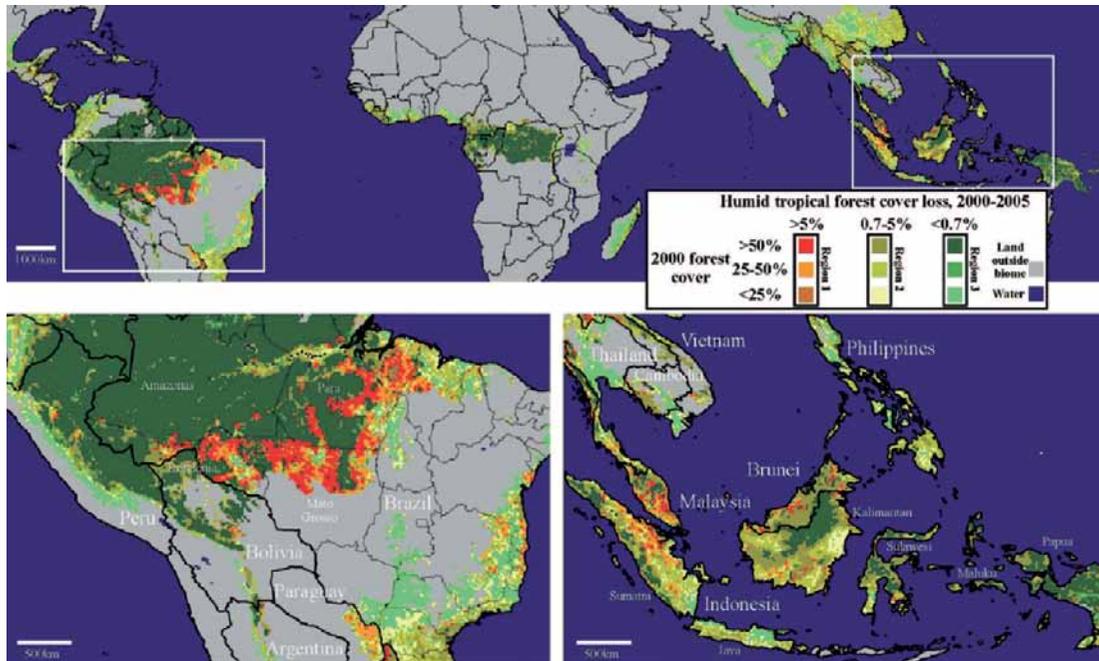


Figura 21 – Regiões das florestas tropicais¹

Fonte: <http://www.wri.org>.

1 N.E.: Imagem reproduzida conforme original do autor.

Conclusões

Neste trabalho, foi apresentada uma proposta para um sistema de observação em alta resolução da superfície a partir de órbitas baixas (LEO) da Terra. O sistema, constituído por uma constelação de pequenos satélites de última geração e com grande agilidade, permite a observação de qualquer região específica do território e de vizinhanças com frequência de mais que uma vez por dia. A constelação pode ser sintonizada para a observação com maior frequência em determinada latitude, por exemplo, combinando-se órbitas polares com uma órbita equatorial para a observação frequente da Amazônia, ou com órbita de baixa inclinação para sintonia na região do pré-sal.

Essa flexibilidade só é possível se dominarmos, no Brasil, a produção dos satélites e o seu lançamento. No caso, a nacionalização completa dos satélites, com 100% de fornecimento pelo setor industrial local, dar-se-á a partir do desenvolvimento do quinto satélite. A massa dos satélites da constelação é inteiramente compatível com a classe de lançadores VLS em desenvolvimento no DCTA. A evolução para resolução submétrica se fará de forma gradual e natural, após a constelação estiver em operação. Paralelamente, para complementar o sistema óptico, ocorrerá o desenvolvimento de um satélite com radar a bordo, do tipo SAR, também compatível com veículo lançador derivado da família VLS.

A solução apresentada para um sistema de observação de alta resolução é a mais adequada para o País por atender aos requisitos básicos de operacionalidade, autonomia e estratégia.

PAINEL 1

SATÉLITE E APLICAÇÕES
PALESTRAS



O ACESSO INDEPENDENTE AO ESPAÇO

*Thyrso Villela Neto**

Gostaria de abordar aqui duas questões que dizem respeito à nossa capacidade de acesso independente ao espaço:

1. O que os países que dominam o ciclo espacial fizeram no passado que nós nunca fizemos?
2. O que eles fazem hoje que nós também não fazemos?

É óbvio que não devemos pautar o Programa Espacial Brasileiro completamente por atividades estrangeiras, mas é importante aprender com os nossos concorrentes para ver o que precisamos e devemos fazer em nosso programa.

Levando em conta a capacidade instalada, a capacidade espacial e as experiências na área espacial, observamos países que dominam completamente o ciclo espacial, com a liderança óbvia dos Estados Unidos, seguidos da Rússia, da Europa Ocidental, da China e do Japão. Há as nações “intermediárias”, grupo em que está o Brasil; e as nações “emergentes”, em que se incluem a África do Sul e vários outros países.

É interessante observar que estamos no segundo grupo, mas também é preocupante que estejamos próximos da intercessão dos outros dois grupos. É um alerta a respeito do que devemos fazer para que, no futuro, possamos estar no grupo principal.

* Graduado em Física pela Universidade de Brasília (UnB), possui mestrado e doutorado em Astronomia pela Universidade de São Paulo (USP). Atualmente é Pesquisador Titular do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), membro da Comissão Brasileira de Astronomia da Sociedade Astronômica Brasileira e diretor de Satélites Aplicações Desenvolvimento (DSAD) da Agência Espacial Brasileira (AEB), responsável pela coordenação e supervisão dos projetos e atividades relativos a satélites espaciais, cargas úteis e suas aplicações.

Mas a questão é: por que ficamos para trás? O que nos levou a não conseguir andar, passo a passo, com as principais nações?

O objetivo de um programa espacial é atender às necessidades da sociedade e, a partir delas, definir um “cardápio”, um “menu” de tecnologias ditas “críticas” para o acesso independente ao espaço. As tecnologias críticas para o Brasil, hoje, dividem-se em dois grupos:

- a) as tecnologias críticas que tomei a liberdade de chamar “do passado”, ou seja, as tecnologias que os países desenvolvidos dominam, e nós ainda não dominamos; e
- b) as tecnologias “de futuro”, que são aquelas capazes de nos dar competitividade maior.

Para que esse “menu” de tecnologias críticas seja preenchido, dominado efetivamente, a proposta é envolver nesse esforço as universidades e as empresas; pautar as nossas cooperações internacionais, tendo em vista esse domínio de tecnologia. Uso, para isso, uma abreviação: ARBE – Acesso Rápido e Barato ao Espaço. A proposta é resgatar o que nunca fizemos no passado.

Fazemos o que é factível hoje, mas a nossa proposta é fazer algo sem nenhum exagero financeiro, que seja possível conforme a nossa realidade.

Basicamente, deveríamos ter um programa muito bem estruturado de domínio de tecnologias críticas, um programa de acesso rápido e barato ao espaço, um programa agressivo de formação e retenção de recursos humanos e uma estratégia de gestão.

Esses dois pilares – tecnologias críticas e acesso rápido e barato ao espaço – deveriam ser permeados pelo uso de um programa que já temos, o Uniespaço, para efetivamente engajar o potencial, o capital humano já disponível no País, no esforço de dominar as tecnologias críticas necessárias ao domínio das tecnologias espaciais.

Temos dois tipos de tecnologias para o Brasil: tecnologias críticas, que ainda não dominamos, e as tecnologias de futuro. A ideia é ter, de forma criativa, um acesso rápido e barato ao espaço. O que seria isso? Esse acesso rápido e barato ao espaço, a exemplo do que existe em todas as outras nações que dominam o ciclo espacial, garantirá acesso ao espaço para que universidades e empresas possam

desenvolver tecnologias críticas. Esse programa estaria, obviamente, associado a forte programa de formação de recursos humanos e desenvolvimento de produtos nos Centros de Tecnologia. E por que isso? Porque nos daria a capacidade de experimentar, de qualificar produtos, de fazer a demonstração desses produtos antes de serem efetivamente colocados em órbita – no caso dos satélites –, para que eles sejam qualificados para possível posterior comércio.

Como exemplo, poderíamos citar uma proposta, em estudo atualmente na Agência Espacial Brasileira, que contempla, como forma de acesso rápido e barato ao espaço, voos parabólicos semestrais, dois voos anuais de balão, dois voos anuais de foguetes de sondagem, no mínimo, entre outros. No exterior, esse número é muito mais expressivo. Lançamentos do Cyclone ou do VLS (Veículo Lançador de Satélites), por exemplo, poderiam ser comprados pela Agência Espacial Brasileira para uso próprio a cada quatro anos. Essa periodicidade é apenas um exercício, que pode ser modificado. Naturalmente, esses voos não se encaixariam na modalidade “barato”, mas serviriam para manter constantemente treinada a força de trabalho da área espacial e dar ritmo ao setor industrial.

Qual é a situação hoje em termos de capital humano? Temos, nas universidades e nas empresas, pessoal altamente qualificado. Costumo dizer que há 30 anos, quando havia a notícia de um Prêmio Nobel em qualquer área do conhecimento, muitas vezes nem sequer conseguíamos entender por que aquele prêmio havia sido concedido. Hoje, essa situação mudou completamente. Vários grupos trabalham na fronteira do conhecimento, dando contribuições, muitas vezes compatíveis, a essas pesquisas agraciadas com o Nobel.

Esse capital humano está espalhado, sem coordenação, para ajudar o Programa Espacial Brasileiro. Propomos elaborar um projeto de indução de uso desse capital humano para resgatar essas tecnologias críticas do passado, que não são mais críticas para os países desenvolvidos, mas continuam sendo críticas para nós. Esse programa também seria baseado no que se faz no exterior para abordar as tecnologias de futuro: aplicaríamos, aproximadamente, 90% do orçamento do programa para resolver as tecnologias do passado e 10% para as tecnologias do futuro.

Teríamos, no que diz respeito à estratégia de gestão, um programa vigoroso de gestão de recursos humanos. Lembro-lhes o que, de novo, alguns desses países, no início dos seus programas espaciais, fizeram para atrair recursos humanos do exterior. Todos conhecem o caso dos EUA e da antiga URSS, que levaram para os seus programas espaciais, depois da guerra, o grupo de Peenemünde, Alemanha,

de certa forma fechando os olhos para os crimes de guerra das pessoas desse grupo. Precisamos ter um programa bastante agressivo de recursos humanos, de gestão, de conhecimentos, de parcerias internacionais.

Gostaria de mencionar alguns programas dos Estados Unidos e da Europa na área de acesso ao espaço, desenvolvimento de tecnologias e treinamento de pessoal, como o Programa Prestige, da ESA (European Space Agency), que diz respeito à questão de recursos humanos; os programas Expresso e Perseus, do CNES (Centre National d'Études Spatiales); o programa FAST, da Nasa; e os programas Rexus e Bexus com a participação do DLR (Centro Alemão Aeroespacial), Alemanha.

Menciono isso para mostrar-lhes que existem, em programas espaciais internacionais, exemplos que gostaríamos, pela Agência Espacial Brasileira, de implementar no Programa Espacial Brasileiro, para trabalhar não apenas com grandes ciclos, mas com ciclos menores, a fim de testar novas tecnologias, de formar novos recursos humanos e de imprimir ritmo ao setor industrial.

INPE, UMA HISTÓRIA DE SUCESSO

*Gilberto Câmara Neto**

Se posicionarmos o debate sobre o Programa Espacial exclusivamente naquilo que não conseguimos e esperamos conseguir com mais recursos, não teremos um discurso que a sociedade brasileira gosta de ouvir. Ela gosta de ouvir discurso de vencedores. Dessa forma, queria dizer que também temos do que nos orgulhar, e muito. E é com base nisso que queria discutir sobre tecnologia espacial, sobre o que chamo de “Economia do Conhecimento da Natureza”, que é o projeto do Inpe para o século 21, tentando posicionar o debate em relação ao que vemos para o Brasil em 2022, dentro do Programa Espacial de Satélites Civis.

Saiu agora a última versão de um *ranking* elaborado na Espanha sobre os institutos de pesquisa de maior visibilidade do mundo. Aqui, no Brasil, o instituto de maior visibilidade é o Inpe, que está em 47º nesse *ranking*. Para se ter uma ideia, a Embrapa e a Fiocruz estão depois do centésimo lugar. O Inpe é, portanto, o instituto de pesquisa brasileiro mais visível no exterior. Então, temos muito do que nos orgulhar.

A matéria de capa do *Estadão* de hoje é a seguinte: “Satélites indicam queda de 47% do desmatamento na floresta amazônica”. É evidente que, se a informação prestada pelo Programa Espacial é capa de um jornal importante, isso mostra a relevância e a confiabilidade do instituto. A matéria refere-se ao dado, fornecido por um satélite, que o Inpe acabou de publicar, indicando a queda de 47% no desma-

* Graduado em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), possui mestrado e doutorado em Computação Aplicada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). Atuou no desenvolvimento de importantes *softwares* de sensoriamento remoto e processamento de imagens de satélites e de metodologia de projetos usados na detecção e monitoramento do desmatamento da Amazônia. Foi responsável pelo estabelecimento de uma política de acesso livre aos dados do Inpe sobre desmatamento e às imagens do satélite CBERS. Atualmente, é diretor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

tamento da Amazônia. Fizemos um levantamento, que mostrou que o Inpe é mais citado na imprensa do que os demais órgãos do Ministério da Ciência e Tecnologia, como o CNPq. Então, essa é uma marca de sucesso de um instituto que faz parte do Programa Espacial Brasileiro.

Temos uma trajetória virtuosa de muito sucesso na questão do Programa Espacial Civil, e isso tem uma razão – crescemos acostumados a uma visão dos anos 1970, da Cepal (Comissão Econômica para América Latina e o Caribe). Raúl Prebisch, fundador da Cepal, dizia que havia uma relação desigual entre os produtos manufaturados do centro e o preço dos produtos primários da periferia. Portanto, divulgava a ideia de que devíamos promover um grande programa de substituição de importações e internalização do setor industrial. Esse foi o mantra que adotamos nos anos 1970, que, de alguma forma, segue ainda, até hoje, em parte de nossos discursos.

Agora, qual é a realidade? É a seguinte: o preço de um equipamento de alta tecnologia do centro, vamos chamar assim, um *laptop* de entrada, custava 4.300 dólares em 1992; hoje um Lenovo – a Lenovo chinesa comprou a IBM – custa 750 dólares. Já a tonelada de minério de ferro, que custava 29 dólares e era vendida por 29,92 dólares, hoje é vendida por 140 dólares. Então, o que aconteceu? Houve um efeito Prebisch ao contrário: uma inversão dos preços relativos, uma mudança nos termos de troca. Isso significa o seguinte: em relação ao *laptop*, o preço caiu a um fator de 5.8 vezes, enquanto o preço do minério de ferro subiu 4.8 vezes. A transferência de fábricas para a China reduziu os preços dos bens manufaturados e alimentou a demanda por produtos básicos.

Aí entra uma discussão: do Brasil como economia do conhecimento da natureza. O Brasil, hoje, está revertendo a maldição dos produtos primários. Não que possamos basear uma economia só em produtos primários, mas hoje estamos revertendo esse carma, em que a tendência era considerar vantagens comparativas com base em recursos naturais como sinal de economia em fase relativamente imatura do seu desenvolvimento. O Brasil do século 21 desafia essa visão tradicional – conforme estudo patrocinado pelo CGEE e pelos ingleses, chamado *Nature of knowledge*.

O Brasil é o líder mundial do desenvolvimento sustentável. Reduzimos o desmatamento na Amazônia; temos o melhor sistema de monitoramento ambiental por satélites do mundo; temos competência em cultura tropical; temos o maior percentual, de longe, em relação à matriz energética de fontes renováveis; temos a melhor tecnologia em biocombustíveis.

Essa discussão de intensidade em tecnologia, portanto, não diz tudo. A China, teoricamente, tem uma intensidade em tecnologia muito maior do que a nossa. Mas, por exemplo, o iPod é produzido na China, mas, na verdade, toda a inteligência está na Califórnia.

Uma plataforma de petróleo que é considerada como de média tecnologia, na realidade tem enorme capacidade tecnológica na produção aqui. Mas a nossa Embraer, que é tida como de alta tecnologia, importa todos os seus aviônicos. Portanto, a maior intensidade de tecnologia da Embraer não é brasileira, mas, sim, externa, dos Estados Unidos. Então, essas categorias de intensidade tecnológica estão longe de contar a verdade.

Temos um exemplo clássico: 1% da terra arável já reduziu em 50% o consumo de gasolina com o programa de biocombustíveis. Esse programa, na realidade, representa o que chamo de “paradoxo de Prebisch”. Então, tudo o que a Cepal publicou nos anos 1970 precisa ser revisto. Por quê? É real o número de publicações científicas relacionadas à pesquisa em cana-de-açúcar. O ponto mais alto é a posição do Brasil – 300 *papers* por ano, indexados. O segundo ponto, a produção de São Paulo, não interessa, no caso. O terceiro ponto é a produção dos Estados Unidos – são 100 *papers* por ano. O Brasil produz três vezes mais pesquisa em cana-de-açúcar do que os Estados Unidos, do que a Índia e do que os demais países. Isso quer dizer que o paradoxo do “paradoxo de Prebisch” diz o seguinte: “A economia do conhecimento da natureza oferece mais oportunidades para a ciência e a tecnologia brasileiras do que a indústria de manufaturados hoje existente no Brasil”.

Esse é o problema também da subvenção às importações, porque facilitou a importação para a indústria de automóveis, cuja tecnologia está fora; para a indústria de celulares, para a indústria de comunicação; para várias indústrias, cujas matrizes tecnológicas, na verdade, estão todas fora. Não se admire que elas façam tão pouco P&D, porque todo o P&D é de fora. Então, hoje, a economia do conhecimento da natureza oferece oportunidades para a tecnologia brasileira.

A visão que o Inpe defende para o Programa Espacial Civil é que a tecnologia espacial deve ser um valor de agregação à economia do conhecimento da natureza. Como se viu na manchete do *Estadão* de hoje, já estamos praticando essa visão. Ou seja, já apoiamos a agricultura, o sistema de energia com a previsão de tempo, a manutenção dos nossos ecossistemas, os estudos de mudanças climáticas, a previsão de tempo e desastres naturais, a gestão de nossas megacidades. Então, nossa visão setorial é de sucesso. No Brasil, somos privilegiados, estamos vivendo uma geração que terá muito orgulho do

legado que passará aos nossos filhos, porque estamos caminhando para mais 20 anos de crescimento sustentado e teremos redução significativa da nossa pobreza. Estamos caminhando para ser o primeiro país tropical desenvolvido e a primeira potência ambiental do século 21.

Hoje o Inpe já é, e quer continuar a ser, referência mundial em P&D, em espaço e ambiente, para os trópicos, como se viu no *ranking* do *Web Matrix*. Já temos o melhor sistema de monitoramento de florestas tropicais do mundo; um sistema excelente de monitoramento do biocombustível da cana-de-açúcar; e um sistema cada vez melhor de previsão do tempo, que vai melhorar muito com o novo supercomputador que compramos e que estará instalado até o fim do ano.

Temos um instituto no Programa Espacial Brasileiro, que é único e reconhecido no mundo. Ele tem valor agregado fenomenal e conseguiu mostrar que pesquisa. Aplicações e operação andam juntas. Além de sermos o instituto brasileiro mais visto no exterior, temos a melhor média de pós-graduação do Brasil, segundo a Capes. Vejam os números: Curso de Ofício Espacial: média 6; Sensoriamento Remoto, 6; Meteorologia, 6; Astrofísica, 4; Engenharia Espacial, 5; Computação, 4; Ciências do Sistema Terrestre, 5.

Toda a nossa demanda por satélite vem da sociedade. Ela é negociada seja com a agricultura, com ecossistema, com energia, com tempo e clima e com P&D. Não fazemos mais satélites-demostração. Todos os nossos satélites têm um propósito muito objetivo e claro, que é demonstrado no dia a dia das aplicações. Não há distinção entre satélites tecnológicos e satélites de aplicação – o satélite é tecnológico para aplicações.

Estamos com R\$ 450 milhões em contratos com a indústria, pagando em dia, enfrentando o TCU, enfrentando AGU, para beneficiar a indústria brasileira. Não temos nenhum outro compromisso que não seja desenvolver a tecnologia nacional, e a nossa tecnologia também serve à sociedade.

Não podemos apresentar, para o debate político a que o ministro Samuel nos convocou, somente histórias de tristeza. Se fizermos isso, vamos estar resignados e continuar com orçamento do Programa Espacial como ele é hoje. Ninguém gosta de ouvir choro. Todo o mundo gosta de ouvir histórias de sucesso. E o Brasil tem uma história no seu Programa Espacial sobre a qual temos de construir o restante que falta.

SATÉLITES E COMUNICAÇÕES MILITARES

*Paulo Mourão Pietrolungo**

Basearei esta apresentação no Sistema de Comunicações Militares por Satélite (Siscomis). Abordarei uma demanda da defesa em comunicações por satélites – a banda X. O Siscomis foi idealizado no início da década de 1980, entrou em operação no final de 1994 e é composto por subsistemas. Focarei a banda X, que é o subsistema operacional específico para as operações militares. Mostrarei que o Ministério da Defesa tem demanda de comunicações satelitais em banda X que não pode esperar até 2022.

A banda X é uma faixa de frequência satelital de uso exclusivo militar no Brasil e, praticamente, em todos os países do mundo. Aliás, na América do Sul, o Brasil é o único país que opera sistemas satelitais em banda X.

Inicialmente, o subsistema de banda X do Siscomis começou a operar em 2000, com nove terminais e um *hub* (*hub* é a antena central do sistema, instalada em Brasília). Dos nove terminais, oito eram do tipo transportáveis e um móvel naval. Os terminais transportáveis podem ser deslocados para qualquer ponto da cobertura do satélite, montados e iniciar a comunicação rapidamente. Já os móveis navais são instalados nos navios e comunicam-se em movimento, pois possuem antenas giro estabilizadas.

A vantagem da utilização da banda X reside, basicamente, no fato de que, por ser somente de uso militar, não necessita de coordenação para cada ativação de terminal. Esse aspecto possibilita maior mobilidade, isto é, pode-se ir para um local que não tenha comunicação alguma, instalar rapidamente um terminal e iniciar a comunicação, sem risco de interferência com outros sistemas.

* Coronel engenheiro da Aeronáutica, é subchefe de Comando e Controle do Ministério da Defesa. Participa do grupo de trabalho criado pela Agência Espacial Brasileira (AEB) que realiza estudos sobre a viabilidade do projeto Satélite Geostacionário Brasileiro (SGB).

Na época de entrada em operação do subsistema de banda X do Siscomis, a Embratel já estava privatizada, mas a inserção de banda X nos satélites Brasilsat da série B ocorreu como consequência de acordos entre o antigo Emfa, o Ministério das Comunicações e a Embratel ainda estatal. Com isso, foi incluído um *transponder* de banda X em cada satélite da série B, um no B1 e outro no B2. Esses *transponders* foram utilizados pelo Siscomis até 2007, fim da vida útil dos satélites.

Hoje, o Siscomis utiliza os satélites Star One C1 e C2, equipados, também, com um *transponder* de banda X, cada um.

Inicialmente, o Siscomis só usava o satélite B1. O B-2 não era utilizado porque só havia um *hub*, então não era possível explorar os dois satélites, simultaneamente. A partir de 2005, houve incremento significativo no sistema. Assim, dos nove terminais e um *hub* que havia em 2000, o Sistema foi ampliado para 53 terminais (entre transportáveis e móveis navais) e três *hubs*, dois em Brasília e um no Rio de Janeiro.

Atualmente, existe a previsão de serem adquiridos mais 16 terminais. Assim, o sistema contará com 69 terminais para atender à demanda de banda X do Estado Maior de Defesa e das três Forças, para as suas diversas operações.

O sistema de banda X foi aplicado em várias operações, como, por exemplo, no Haiti, desde 2004, e na Bolívia, quando houve a enchente dois ou três anos atrás. No caso da Bolívia, a base da Força Aérea Brasileira foi instalada em um local que não possuía meios de comunicação. Então o terminal de banda X foi montado e possibilitou as transmissões necessárias.

Para atender à demanda prevista em várias operações e também à Estratégia Nacional de Defesa, as Forças Armadas estão refazendo seus planos de reequipamento e de aplicação. Então, há a previsão de incremento significativo no sistema, já nos próximos anos. Os planejamentos são para longo prazo, no entanto, haverá necessidade de incremento da capacidade atual de comunicações satelitais em banda X, já para os próximos cinco anos. Assim, prevê-se que os dois *transponders* de banda X disponíveis atualmente não atenderão a essa demanda de curto prazo.

Para suprir as necessidades próximas e de longo prazo de banda X, a Agência Espacial Brasileira, em conjunto com o Ministério da Defesa e outros órgãos públicos e privados, está desenvolvendo um projeto, denominado de Satélite Geostacionário Brasileiro (SGB). Com esse projeto pretende-se, também, atender à demanda de sensores de meteorologia.

O projeto está sendo desenvolvido para ser implantado na forma de Parceria Público-Privada (PPP), na modalidade de “Concessão Administrativa”. Nessa modalidade de PPP, todo o investimento é realizado pelo setor privado, cabendo ao setor público o pagamento dos serviços durante a vida útil dos satélites.

Por ser de uso estritamente militar, a capacidade satelital de banda X, em todos os países que a utilizam, é obtida por meios diferenciados das demais bandas satelitais comerciais, como a C e Ku. Nos EUA e na França, por exemplo, os satélites de banda X são de propriedade do Estado; já em outros países, como a Espanha, Itália e Inglaterra, é utilizado o dispositivo de PPP.

A solução mais segura, evidentemente, seria que os satélites de banda X fossem de propriedade do Estado brasileiro, todavia é a mais cara. O entendimento atual do Ministério da Defesa é de que a solução de PPP é a mais viável e, desde que sejam estabelecidos certos requisitos, serão mantidos os níveis de segurança necessários.

Assim, o Ministério da Defesa estabeleceu quatro requisitos mínimos de segurança.

1. O controle dos satélites deverá ser exclusivamente em território brasileiro.
2. A operação de satélites deverá ser efetuada por 100% de brasileiros. Por operação, aqui, entende-se não só os operadores que apertam o botão, mas todos os funcionários que intervêm nessa atividade. Uma operação de satélites é complexa, envolve muitas pessoas capacitadas. Então é exigido que todos sejam brasileiros. Isso nos dá segurança. Caso haja algum problema mais grave, pode haver até uma intervenção na empresa, sem prejudicar a operação dos satélites.

3. As comunicações deverão ser 100% controladas pelo Ministério da Defesa. Isso já ocorre, atualmente, com os satélites da Star One, utilizados pelo Ministério da Defesa.

4. Os códigos de acesso aos satélites deverão ser de domínio do Ministério da Defesa, além da empresa. Assim, qualquer operação dos satélites só poderá ser realizada com a presença de militares indicados pelo Ministério da Defesa.

Com o aumento da capacidade em banda X que o projeto SGB irá proporcionar e considerando os requisitos supracitados, o Ministério da Defesa contará com os meios necessários para atender às suas demandas de telecomunicações em banda X, em curto prazo e para os próximos 15 anos, com níveis de segurança adequados.

PAINEL 2

**VEÍCULOS LANÇADORES
DE SATÉLITES E SUA
INFRAESTRUTURA**

ARTIGOS

OS DESAFIOS E A ESTRATÉGIA BRASILEIRA DE ACESSO AO ESPAÇO

*Francisco Carlos Melo Pantoja**
*Carlos Antonio de Magalhães Kasemodel***

Resumo

Este trabalho aborda os principais desafios no desenvolvimento dos meios de acesso ao espaço, a estratégia adotada pelo Brasil e os resultados alcançados, bem como as ações futuras e questões relacionadas para o domínio dessa tecnologia.

Palavras-chave: Acesso ao espaço, estratégia, desafios.

* Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (UFPA), possui mestrado em Engenharia Elétrica pela Naval Postgraduate School, Estados Unidos. Tem experiência em gestão de projetos de Ciência, Tecnologia e Inovação no campo Aeroespacial. É professor de Metodologia da Pesquisa Científica. Trabalhou cerca de 25 anos desempenhando funções no setor de Ciência e Tecnologia do Comando da Aeronáutica. Brigadeiro engenheiro, atualmente é diretor do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA).

** Graduado em Engenharia Mecânica-Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), possui especialização em Engenharia de Armamento Aéreo pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica e mestrado em Weapons Systems pela Naval Postgraduate School, Estados Unidos. Coronel da Força Aérea Brasileira, é vice-diretor do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE). Possui cerca de 25 anos de trabalho dedicados ao setor de Ciência e Tecnologia do Comando da Aeronáutica.

Introdução

Por que é tão difícil lançar um foguete ao espaço com certeza absoluta de sucesso? Por que tantos incidentes e acidentes aconteceram no auge da corrida espacial e, embora em menor escala, continuam a ocorrer na atualidade? O que é tão difícil na concepção de sistemas de lançamento que a expressão em inglês *it's rocket science* é também utilizada para denotar uma tarefa complicada?

Um catálogo dedicado a registrar falhas de veículos lançadores e disponível na Internet demonstra que, apesar dos avanços tecnológicos alcançados nessa área, falhas catastróficas ainda ocorrem (Figura1).

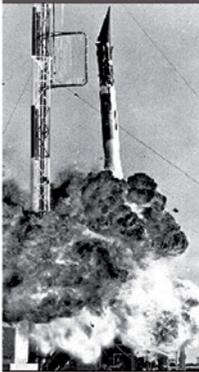
Este artigo tem por objetivo discorrer sobre os principais desafios que revestem a atividade de desenvolvimento de veículos lançadores, a estratégia adotada pelo Brasil e os resultados alcançados, bem como as ações futuras e questões relacionadas para o domínio dessa tecnologia no País.

The Wrong Stuff - A Catalogue of Launch Vehicle Failures

home
topic index

The hard road to space...a catalogue of orbital launch vehicle failures

- **2008 March 14 - Launch Vehicle: Proton.** Premature shutdown of Briz upper stage due to escape of turbine gases through a thin-walled tube.
- **2007 September 5 - Launch Vehicle: Proton.** Second stage engine failure soon after ignition.
- **2007 March 21 - Launch Vehicle: Falcon.** Liquid oxygen slosh in the second stage created an oscillation, putting the stage in an uncontrollable roll, starving the engine from propellant.
- **2007 January 30 - Launch Vehicle: Zenit.** First stage exploded just after ignition, damaging launch platform.
- **2006 March 24 - Launch Vehicle: Falcon.** Fuel leak at T+25 seconds caused a fire in the first stage engine area
- **2006 July 26 - Launch Vehicle: R-36M.** First stage engine failed



Credit-NASA

Figura 1 – Catálogo de falhas de veículos lançadores

Fonte: <www.astronautix.com>.

Desafios no desenvolvimento de veículos espaciais

Edward Ruth, em seu artigo “That’s why they call it Rocket Science” (RUTH, 2004), aborda os seguintes aspectos para responder às questões anteriormente mencionadas.

- A equação do foguete

A equação do foguete demonstra que a velocidade imposta a uma carga útil pelo estágio de um foguete é dada por: $\Delta v = g I_{sp} \ln(M)$, onde Δv é o ganho de velocidade, g é a aceleração da gravidade, I_{sp} – Impulso específico é uma medida do desempenho do propulsor e M é a razão de massa, ou seja, o quociente entre a massa total do foguete e a sua massa sem combustível.

Dessa equação, conclui-se que, para se obter o máximo de desempenho do foguete, deve-se aumentar o impulso específico ou a razão de massa M . O aumento do impulso específico possui limitações, pois este depende principalmente da química do propelente utilizado e, atualmente, têm-se utilizado as combinações mais energéticas de propelente possíveis.

A razão da massa M é, portanto, o parâmetro que pode ser modificado para a melhoria de desempenho. A razão de massa M é simplesmente uma função da quantidade de propelente que pode ser transportada na estrutura do foguete, que deve ser a mais leve possível. O foguete será tão mais eficiente quanto mais leve for seu peso sem combustível.

As implicações da equação do foguete podem então ser assim sumarizadas: um veículo lançador de alto desempenho deve ser extremamente leve quando vazio, sem combustível. Dessa forma, para os engenheiros e projetistas de veículos lançadores, não existe a prerrogativa de usar mais material do que o necessário para atender aos requisitos do projeto. Todas as partes que compõem o estágio de um lançador – eletrônica, proteções térmicas, sistemas pirotécnicos etc. – devem ser o mais leve possível, caso contrário, a massa total de decolagem torna-se impraticável. Portanto, cada parte de um foguete é sempre projetada com margens mínimas para atendimento aos requisitos de projeto. Uma pequena imperfeição poderá ocasionar uma falha catastrófica do veículo.

- Complexidade da Física

O trabalho do projetista de um veículo espacial é também caracterizado pela complexidade da Física que envolve tal desenvolvimento. A Física de um veículo lançador envolve disciplinas tais como Aerodinâmica, Transferência de Calor e Química da Combustão, entre outras. As soluções para os problemas de engenharia nessas áreas, geralmente, são conhecidas apenas aproximadamente e obtidas mediante grande esforço.

Um exemplo dessa complexidade é a determinação do transiente de cargas aerodinâmicas causada pelo regime transônico, ou seja, quando o veículo se aproxima e ultrapassa a velocidade do som. Esse regime é de difícil modelamento e não existem soluções matemáticas precisas para as complexas equações que o governam.

Uma síntese das disciplinas essenciais para o desenvolvimento de um veículo lançador é apresentada na Figura 2.

- Complexidade dos meios de teste

Geralmente, no desenvolvimento de um veículo lançador, determinados problemas somente surgem quando seus componentes, incluindo o *software*, são operados no sistema completo. Importantes características de projeto, tais como cargas aerodinâmicas e taxas de transferência de calor, somente podem ser determinadas, com precisão, em voo.

De modo geral, o único meio de testar completamente um veículo lançador é lançá-lo.

Resumidamente, segundo Ruth, os principais desafios no desenvolvimento de um veículo lançador são: a necessidade de atendimento aos requisitos de projeto com margens mínimas, a multidisciplinaridade e a complexidade da física que o envolve e a impossibilidade de se testar completamente o sistema antes do voo.

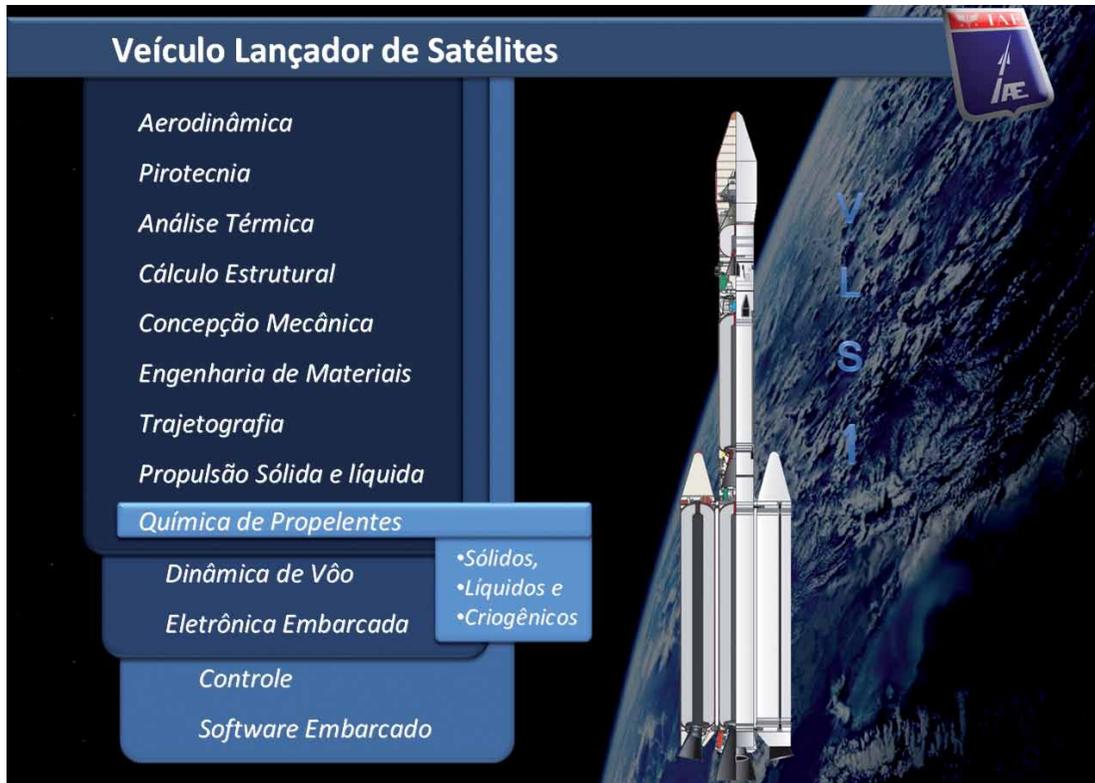


Figura 2 – Disciplinas necessárias ao desenvolvimento de um Veículo Lançador de Satélites

Fonte: Instituto de Aeronáutica e Espaço, 2010.

Outras características poderiam ainda ser consideradas, tais como:

- a alta confiabilidade requerida, o que exige inúmeros testes para a qualificação de seus sistemas, bem como a necessidade de redundância em alguns deles, tais como sistemas pirotécnicos, computadores de bordo etc.;
- o caráter dual das tecnologias envolvidas, possibilitando tanto aplicações civis como militares. Essa dualidade, muitas vezes, impõe restrições e embargos na aquisição de insumos e componentes, com base no Regime de Controle de Tecnologia de Mísseis (*MTCR*, sigla em *inglês de Missile Technology Control Regime*);

- a baixa cadência de produção, os custos elevados de desenvolvimento e o alto risco envolvido são outros desafios que geram uma forte dependência e exigem suporte estatal.

Isto posto, considerações sobre a estratégia adotada pelo Brasil para vencer esses desafios serão abordadas.

Fases da estratégia brasileira de acesso ao espaço

A estratégia brasileira para domínio da tecnologia de acesso ao espaço tem sua origem na década de 1960, com o início do desenvolvimento, no âmbito do então Ministério da Aeronáutica, dos foguetes de sondagem a propulsão sólida, da família Sonda.

O domínio da tecnologia dos foguetes de sondagem serviu de base para o desenvolvimento do Veículo Lançador de Satélites de pequeno porte, denominado VLS-1, cujo desenvolvimento tem origem na década de 1980, com a criação da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB). O quarto veículo da família Sonda, o Sonda IV, foi concebido como uma etapa intermediária para se chegar ao VLS-1. O Sonda IV era um foguete bi-estágio, que tinha como 2º estágio o propulsor S30 – primeiro estágio do Sonda III – e era extremamente mais complexo que seus antecessores, pois possuía sistema de controle de atitude nos três eixos.

A estratégia de desenvolvimento adotada pelo País caracterizou-se, desde o início, pela consistência e pela continuidade dos programas de desenvolvimento, em que sempre se procurou vencer as dificuldades passo a passo, com objetivos bem definidos em longo prazo. Uma análise mais profunda dessa estratégia permite dividi-la nas seguintes fases distintas, que, embora se sobreponham em termos temporais, representam patamares bem definidos de capacitação científica e tecnológica.

1ª Fase (1967 a 1979) – Desenvolvimento de Foguetes de Sondagem a propulsão sólida, sem controle de atitude.

Essa fase foi caracterizada pelo desenvolvimento dos Propulsores Sólidos S20 e S30 e dos foguetes Sonda II e Sonda III, que empregavam esses propulsores. O Sonda II foi considerado o foguete-escola

para o domínio da tecnologia de propulsão sólida, e os principais desenvolvimentos que caracterizaram esse primeiro patamar de tecnologia alcançado foram:

- desenvolvimento de aços da classe cromo, níquel, molibdênio para média resistência (laminados e forjados);
- desenvolvimento de processos de tratamentos térmicos para estruturas de propulsores;
- desenvolvimento de sistemas de separação de estágios com parafusos explosivos;
- desenvolvimento de instrumentação básica embarcada: telemetria, telecomando;
- desenvolvimento de proteções térmicas rígidas; e
- desenvolvimento de propelente PBLH (Polibutadieno Hidroxilado).

2ª Fase (1976 a 1989) – Desenvolvimento de foguetes de sondagem a propulsão sólida com sistema de controle de atitude nos três eixos.

Essa fase foi caracterizada pelo desenvolvimento do Sonda IV, que possuía controle do vetor empuxo, no primeiro estágio, pelo sistema de injeção secundária; e, no segundo estágio, por tubeira móvel. O propulsor sólido S40, desenvolvido para o primeiro estágio, possuía 1 metro de diâmetro, e o seu carregamento de propelente era efetuado na recém-inaugurada Usina de Propelentes Cel. Abner.

Dentre as tecnologias desenvolvidas que caracterizaram esse segundo patamar, destacam-se:

- desenvolvimento de laminados e forjados de aços de ultra-alta resistência para a construção de estruturas de propulsores (SAE 4340 e 300M);
- desenvolvimento de processos de soldagem automáticos;
- desenvolvimento de tratamentos térmicos para os aços 4340 e 300M;

- desenvolvimento do sistema de Injeção Secundária para o Controle do Vetor Empuxo do 1º estágio do foguete de sondagem SONDA IV; e
- Projeto de Tubeira Móvel para propulsor S30.

3ª Fase (1980 a 1996) – Desenvolvimento de um veículo lançador de satélites com sistema de pilotagem/guiagem (navegação)

Embora o lançamento do primeiro protótipo do VLS-1 só tenha ocorrido em 1997, essa fase foi caracterizada pelo projeto e desenvolvimento, propriamente dito, dos sistemas e subsistemas do VLS-1, destacando-se o desenvolvimento dos propulsores S43 do primeiro e segundo estágios e o desenvolvimento do propulsor S44 do quarto estágio, em material compósito.

Nesse terceiro patamar, outras tecnologias também se destacaram, tais como:

- desenvolvimento de modelamentos matemáticos e procedimentos de ensaio em aerodinâmica aplicada e computacional, aerotermodinâmica e aeroacústica, vibração e análise modal;
- desenvolvimento de estruturas em materiais compósitos por processos de bobinagem e moldagem;
- desenvolvimento de componentes e redes pirotécnicas;
- desenvolvimento de Sistemas de Controle e *Software* Embarcado; e
- desenvolvimento do Sistema de Tratamento Térmico para envelopes motores, em aço 300M, de até 1,5m de diâmetro.

4ª Fase (a partir de 1990) – Capacitação em propulsão líquida

Considerando que as ambições nacionais, em termos de acesso ao espaço, ficariam bastante limitadas com base exclusivamente em propulsão sólida, no início da década de 1990, iniciaram-se ações visando à capacitação de especialistas em propulsão líquida.

A estratégia fundamental para a capacitação na área de propulsão líquida foi proposta em 1994, por meio de um estudo para seleção de propelentes nacionais para uso em propulsores líquidos (principais e auxiliares) e da formulação de um programa de capacitação em propulsão líquida, em que foram definidas as áreas de pesquisa a serem exploradas, os tipos de motores a serem desenvolvidos e os setores participantes. A forma escolhida para a implantação da estratégia era capacitar o País para especificar, projetar, fabricar, testar e operar propulsores líquidos por meio de uma sequência de desenvolvimento de motores com grau crescente de dificuldades. Essa estratégia, por sua vez, foi complementada em 1998, por meio de nova proposta focada em termos da necessidade de formação de recursos humanos e da necessidade de definições em nível de veículo lançador, a fim de nortear o desenvolvimento de propulsores líquidos principais.

Os propulsores líquidos L5, L15 e L75 (este último, ainda em fase de desenvolvimento), respectivamente de 5, 15 e 75 kN de empuxo, representam os principais produtos dessa fase.

Embora não sejam considerados marcos representativos das fases anteriormente identificadas, outros foguetes de sondagem foram desenvolvidos em substituição à família Sonda, que hoje se encontra desativada. São os foguetes da família VS: o VS-30, o VS-40, o VS-30/Orion e o desenvolvimento mais recente, o VSB-30. Este último é o primeiro foguete brasileiro submetido a um processo completo de certificação e representa hoje o carro-chefe dos lançadores do Programa Europeu de Microgravidade.

Apesar de a quarta fase, anteriormente identificada, ainda não poder ser considerada encerrada, uma nova fase já pode ser percebida e ser provisoriamente nomeada como “Desenvolvimento de Veículos Lançadores com parcerias internacionais”. Essa fase deverá ser caracterizada pelo desenvolvimento de propulsores sólidos bobinados de médio porte, pelo desenvolvimento de um Veículo Lançador de Microssatélites, o VLM-1, e pelo desenvolvimento do VLS-Alfa, versão otimizada do VLS-1, com três estágios, e emprego de propulsor líquido de 75 kN, em substituição aos propulsores sólidos do terceiro e quarto estágios. A estratégia de desenvolvimento desses novos veículos considera fortemente o envolvimento de parceiros estrangeiros e da indústria nacional.

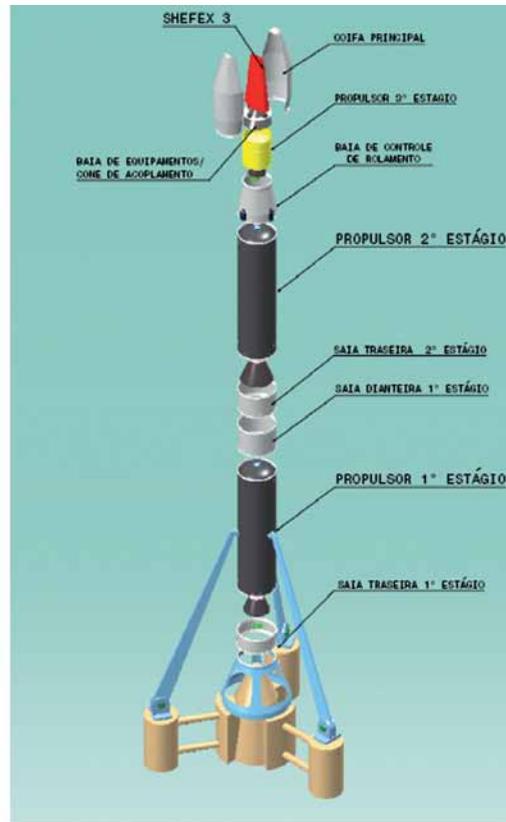
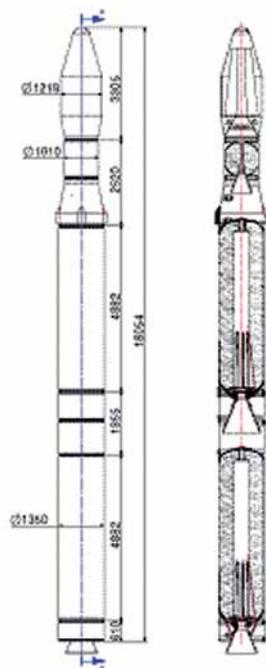


Figura 3 - Configuração do VLM-1

Fonte: Instituto de Aeronáutica e Espaço, 2010.

A Figura 4, a seguir, sintetiza o *roadmap* da estratégia nacional de acesso ao espaço, representando, em termos de propulsão, os diversos patamares alcançados:

- desenvolvimento de motores metálicos a propelente sólido;
- desenvolvimento de motores bobinados a propelente sólido;
- desenvolvimento de foguetes de sondagem para capacitação no desenvolvimento de lançadores de satélites;

- capacitação em propulsão líquida; e
- perspectivas futuras de desenvolvimento, destacando-se os propulsores bobinados S50 e P40, bem como o Programa Cruzeiro do Sul.

Da mesma figura, convém ainda ressaltar a aplicação dos propulsores sólidos desenvolvidos nos diversos foguetes de sondagem e veículos lançadores. Como exemplo, cita-se o propulsor S40 empregado no Sonda IV e VS-40, como 1º estágio, e no VLS-1 como 3º estágio (neste caso, com modificações na geometria do grão propelente). Outro aspecto a observar é a capacitação em propulsão líquida visando, primeiramente, ao desenvolvimento do propulsor L75 para aplicação no VLS-Alfa e, futuramente, para os demais lançadores do Programa Cruzeiro Sul, que é abordado na seção seguinte.

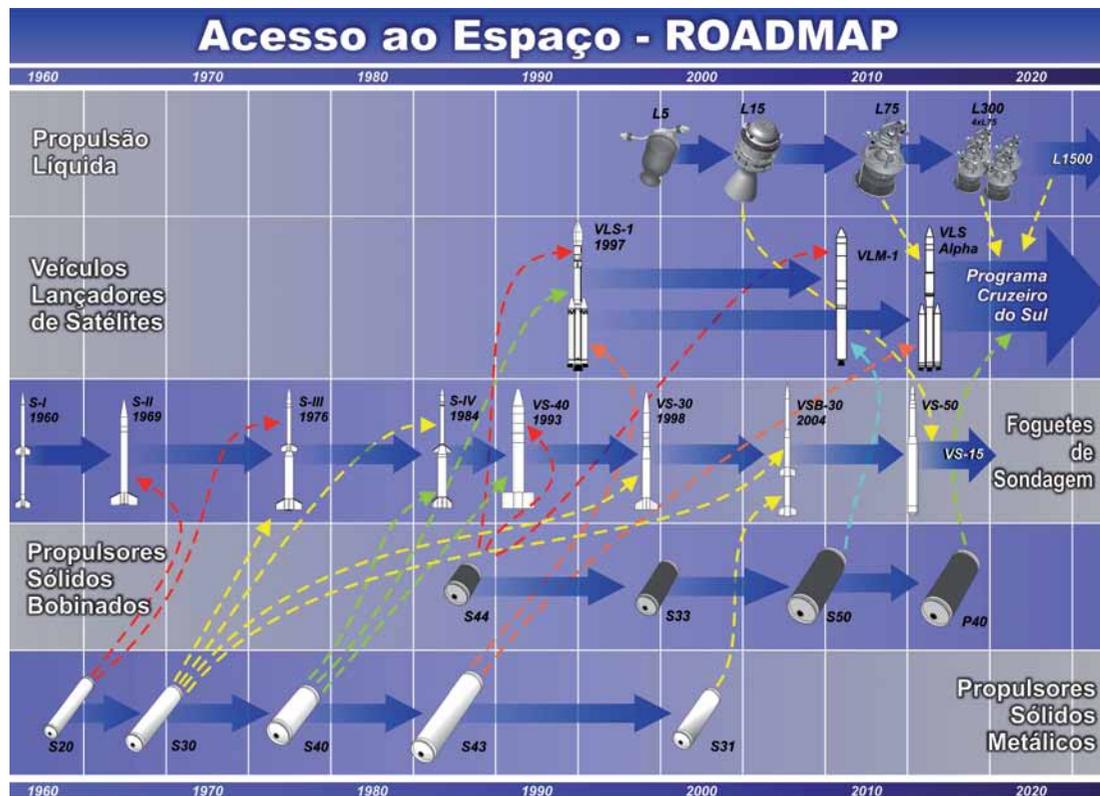


Figura 4 – Roadmap da estratégia nacional de acesso ao espaço

Fonte: Instituto de Aeronáutica e Espaço, 2010.

O Programa Cruzeiro do Sul

Visando ao planejamento de longo prazo no desenvolvimento de veículos lançadores no País, no ano de 2005, a Aeronáutica apresentou a proposta de desenvolvimento do Programa de Veículos Lançadores de Satélites Cruzeiro do Sul (Figura 5), que prevê o desenvolvimento de uma família de cinco novos veículos.

O programa inicia-se com o veículo VLS-Alfa, constituído pela parte baixa do VLS-1, primeiro e segundo estágios, acrescidos de um estágio a propelente líquido em substituição aos terceiros e quarto estágios do VLS-1. Esse veículo terá capacidade para lançamento de satélites de até 400 kg em órbitas equatoriais de até 400 km. O veículo seguinte do programa, VLS-Beta, com capacidade de transporte de satélites de até 800 kg em órbitas equatoriais de 800 km, é composto por um novo propulsor a propelente sólido com desempenho propulsivo similar ao conjunto primeiro e segundo estágios do VLS-1, em seu primeiro estágio, e propulsores a combustível líquido nos segundo e terceiro estágios. Seguem-se os veículos VLS Gama, VLS Delta e VLS Épsilon, todos constituídos por três estágios a combustível líquido e capacidades de transporte que se estendem desde a colocação de satélites de 900 kg em órbitas polares de 1.000 km até a colocação de satélites de 4.000 kg em órbita de transferência geoestacionária.

O Programa Cruzeiro do Sul representará um novo patamar tecnológico, pois tecnologias associadas ao desenvolvimento de propelentes líquidos, a novos processos de fabricação e ao emprego de materiais com elevada resistência mecânica e térmica são desafios que terão de ser dominados, resultando no fortalecimento do poder aeroespacial brasileiro.



Figura 5 - Veículos Lançadores de Satélites - Programa Cruzeiro do Sul¹

Fonte: Instituto de Aeronáutica e Espaço, 2010.

1 N.E.: Imagem reproduzida conforme original do autor.

Referências bibliográficas

GOMES, V. A.; KASEMODEL, C. A. M. *Programa Espacial Brasileiro: histórico do desenvolvimento dos meios de acesso ao espaço*. São José dos Campos: CTA/IAE, 2010.

MORAES, P. *Programa Cruzeiro do Sul*. Relatório Técnico, São José dos Campos: CTA/IAE, 2005.

RUTH, Edward. *That's why they call it Rocket Science*. Crosslink, USA: The Aerospace Corporation, winter 2004.

OS NOVOS MATERIAIS E A TECNOLOGIA ESPACIAL NO BRASIL

*Carlos Alberto Alves Cairo**

Resumo

Os materiais são a base de todo desenvolvimento tecnológico e ponto de partida para as grandes inovações. As tecnologias previstas no PNAE são dependentes de materiais estratégicos não disponíveis no País. O artigo trata das dificuldades históricas encontradas no desenvolvimento e na transferência para o mercado da tecnologia de materiais, como fibras de carbono, compósito carbono-carbono, ligas de titânio, ligas de alumínio, materiais para altas temperaturas, entre outros. Há desafios a vencer no desenvolvimento e na produção nacional dos novos materiais, que incluem a falta de investimento contínuo para pesquisa e desenvolvimento com foco no cliente, a falta de qualificação e consolidação de fornecedores nacionais de matérias-primas, a pequena interação entre empresas e institutos de pesquisa e universidades e a dificuldade para acesso a financiamentos. A inclusão dos novos materiais, na condição de tecnologia crítica para o alcance dos objetivos estratégicos do setor espacial, é essencial para impedir que o investimento pesado, hoje depositado nas tecnologias espaciais, seja considerado inócuo no futuro por causa da dependência constante da tecnologia de fabricação dos materiais espaciais.

Palavras-chave: novos materiais, tecnologia espacial, dependência tecnológica.

* Graduado em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (Ufscar), possui o curso de especialização em *Materials Science* pela Technische Universität Hamburg, Alemanha, mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais pela Ufscar e doutorado em Tecnologia Nuclear pela Universidade de São Paulo (USP). Trabalha há 25 anos em projetos de pesquisa de novos materiais para aplicações espaciais, como o titânio e ligas de carbono. Atualmente, é chefe da Divisão de Materiais do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE).

Introdução

Fibras de carbono

As fibras de carbono, obtidas a partir de poliacrilonitrila, representam o reforço dominante em compósitos avançados, significando 90% do total de fibras de carbono vendidas mundialmente. Os compósitos de matriz polimérica, quando comparados aos seus componentes individuais, caracterizam-se por apresentarem, normalmente, elevadas propriedades mecânicas aliadas a menores valores de massa específica ($0,9 \text{ g/cm}^3$ a $1,7 \text{ g/cm}^3$). Esses compósitos podem ser obtidos por diferentes técnicas de processamento como, por exemplo, laminação manual e cura em autoclave, moldagem por compressão a quente, bobinagem, moldagem por transferência de resina, pultrusão, densificação via líquida e gasosa, entre outras.

As indústrias aeronáuticas e espaciais são as grandes impulsionadoras do desenvolvimento desses materiais, por necessitarem de componentes com baixa massa específica e que atendam a severos requisitos de elevados valores de rigidez e de resistência mecânica em serviço. Como muitos dos elementos estruturais utilizados no setor aeroespacial apresentam dimensões consideráveis, a moldagem pelo uso de pré-impregnados tem-se mostrado como uma técnica de processamento eficiente. Também denominados *pre-pregs*, os pré-impregnados são materiais compósitos de fibras longas ou contínuas, pré-impregnadas com resina parcialmente curada.

Desde o advento das fibras de vidro, aramida e, principalmente, de carbono, a indústria aeroespacial tem-se utilizado dessa tecnologia na fabricação de peças para aeronaves, veículos lançadores, foguetes de sondagens e satélites.

A utilização de componentes em materiais compósitos, que têm a fibra de carbono como reforço, vem aumentando sensivelmente. Esse aumento de uso está associado à redução de peso, com maiores valores de resistências à fadiga e à corrosão em relação ao alumínio; à facilidade na obtenção de peças com geometrias complexas; e à flexibilidade de projeto na concepção de estruturas de forma integrada, reduzindo, assim, o número de componentes aeroembarcados.

As principais aplicações das fibras de carbono como matérias-primas no setor aeroespacial ocorrem quando incorporadas como fase reforço em compósitos de matrizes carbonosas, cerâmicas e poliméricas, tais como: carbono reforçado com fibras de carbono (carbono-carbono); carbono-carbeto de silício; materiais ablativos e outros compósitos. São utilizadas na fabricação de diversos componentes em sistemas de propulsão sólida e líquida; motor foguete; garganta de tubeira; divergentes; vasos de pressão; nariz e coifa de veículos lançadores; sistemas de proteção térmica para veículos de reentrada; placas de proteção de cápsulas de reentrada na atmosfera em toda a área externa e interna com gradiente de temperatura de 1.200°C a 2.800°C; sistemas de antenas e refletores para satélites e componentes estruturais em satélites (SAVAGE, 1993).

No setor aeronáutico, a crescente demanda está associada ao fato de que, até 2015, 50% em peso das aeronaves será de compósitos reforçados com fibras de carbono em estruturas primárias e secundárias, incluindo os sistemas de fricção de aeronaves civis e militares em carbono-carbono.

O desenvolvimento da tecnologia de obtenção de fibras de carbono no País está revestido de fator estratégico extremamente importante para o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), visto que toda a produção mundial de fibras de carbono está sob rígido controle dos EUA, do Japão e da Alemanha e totalmente comprometida com as grandes empresas de aeronáutica, como a Airbus e a Boeing. Não há, portanto, disponibilidade desse material no mercado internacional.

Carbono-carbono

O compósito carbono-carbono (C-C) consiste de uma matriz carbonosa reforçada com fibras de carbono. Como todos os compósitos, as propriedades mecânicas e térmicas são determinadas pela combinação das propriedades das fibras, da matriz e dos efeitos do processamento. Entre os materiais disponíveis, o C-C suporta as mais altas temperaturas em uso e tem aumentadas a sua resistência mecânica e a sua rigidez com o aumento da temperatura. O C-C é destinado a usos em que ocorrem condições de extrema agressividade térmica, associadas às elevadas exigências mecânicas e químicas.

O domínio da tecnologia de processamento de compósitos de carbono-carbono é fundamental para a autonomia tecnológica do Brasil por ser tecnologia sensível que irá, certamente, representar economia

de divisas ao País, atendendo às demandas tanto do setor aeronáutico (discos de freios e exaustores de turbinas) quanto de defesa (aletas de vetoração de mísseis) e espacial (gargantas de tubeiras de propulsão líquida e sólida, câmaras de combustão ablativas de propulsão sólida, escudos térmicos ablativos para veículos de reentrada e estruturas para satélites). Além disso, deverá possibilitar inúmeras aplicações em várias outras áreas como, por exemplo: pastilhas de freios de alto desempenho para transporte pesado, estruturas para computadores portáteis e outros equipamentos leves.

Vale ressaltar que todas as tecnologias relacionadas ao PNAE em desenvolvimento no Instituto de Aeronáutica e Espaço, entre elas o Veículo Lançador de Satélites (VLS), o Satélite Artificial de Reentrada Atmosférica (Sara) e Motor Foguete a Propelente Líquido (MFPL), incluindo a tecnologia de mísseis, são dependentes desses materiais, que podem sofrer restrições de fornecimento em virtude do cenário atual beligerante. Portanto, torna-se estratégico o desenvolvimento dessa tecnologia para impedir que o investimento pesado, hoje depositado nas tecnologias espaciais, seja considerado inócuo no futuro por causa da dependência constante da tecnologia de fabricação de materiais espaciais.

Compósitos de matrizes cerâmicas e materiais ablativos para proteção térmica de veículos de reentrada

Os compósitos de matrizes cerâmicas (CMC) usados em sistemas de proteção térmica de veículos de reentrada atmosférica incluem o carbetto de silício reforçado com fibras de carbono (C/SiC) e o carbetto de silício reforçado com fibras de carbetto de silício (SiC/SiC). O C/SiC combina a resistência mecânica superior e a rigidez da fibra de carbono com a resistência à oxidação da matriz cerâmica de SiC. O compósito SiC/SiC é usado em situações em que a resistência à oxidação e a capacidade de suportar temperaturas elevadas são críticas.

Esses materiais são candidatos a compor o sistema de proteção térmica de veículos espaciais de reentrada, cujo mecanismo de dissipação de calor explora a reemissão do calor absorvido de volta para a atmosfera. A capacidade de suportar altas temperaturas, a resistência à oxidação e a alta emissividade de calor do SiC são propriedades importantes para a aplicação na camada externa do sistema de proteção (GUTHRIE, 2001; FLORIAN, 2005; BAMFORD, 2009).

Os materiais ablativos são utilizados na área aeroespacial na qual se exige a resistência termomecânica da estrutura ao desgaste erosivo durante condições transientes. Exemplos evidentes da utilização desses materiais em estruturas aeroespaciais são os divergentes de tubeira de foguete e de escudos térmicos ablativos. Em ambos os casos, durante as condições de operação, ocorre no material um processo de pirólise superficial do componente em contato com a atmosfera agressiva, sendo, portanto, uma camada de sacrifício constituída de carbono poroso isolante. A pirólise da camada externa ocorre com a manutenção da integridade estrutural do componente.

Titânio

As principais razões que justificam a utilização de titânio na indústria aeroespacial envolvem: redução de peso (normalmente em substituição ao aço); limitação de espaço (substituindo as ligas de alumínio); temperatura de operação (em substituição a ligas de alumínio, níquel e aços); resistência à corrosão (em substituição aos aços e às ligas de alumínio); resistência multidirecional, excelente flexibilidade; e compatibilidade de interface com compósitos (substituindo as ligas de alumínio). As ligas de titânio são utilizadas em, basicamente, todas as seções de uma aeronave, desde aplicações estruturais na fuselagem e asas até trens de pouso e motores de turbina (HENRIQUES, 2009; BOYER, 1996; ANDERSEN, 1980).

A redução de peso em seções fabricadas com titânio ocorre graças a sua elevada relação resistência mecânica–peso. A baixa massa específica do titânio comparada com os aços permite uma redução em peso mesmo em relação a aços mais resistentes. A redução em peso, no caso da substituição das ligas de alumínio, pode ser alcançada apesar de sua massa específica ser 60% maior, em razão de seus maiores limites de resistência.

O titânio pode também substituir o alumínio, quando a temperatura de trabalho excede a 130°C, que é a temperatura operacional máxima para o alumínio e suas ligas. Essas condições existem, por exemplo, nas áreas de nacele, unidades auxiliares de energia e sistemas de anticongelamento da asa. Aços e ligas à base de níquel são alternativos, mas esses materiais apresentam massa específica de, aproximadamente, 1,7 vezes à do titânio (BOYER, 1996).

As barras de trem de pouso dos Boeings 747 e 757 são exemplos de utilizações de titânio em áreas onde há restrição de volumes. A barra do 747 é uma das maiores peças de titânio produzidas por forjamento. O material de preferência para essa aplicação seria o alumínio, tal como o 7075, que tem custos inferiores. Entretanto, a dimensão do componente de alumínio projetado para suportar os esforços mecânicos exigidos não caberia dentro do compartimento na asa. Poderia ser utilizado aço, mas o componente ficaria pesado demais.

A resistência à corrosão do titânio é tão elevada que não são necessários recobrimentos de proteção ou pintura. A pintura só é necessária quando o titânio entra em contacto com componentes de alumínio ou aço de baixa liga, para prevenir corrosão galvânica na área de contato. Muitas das estruturas de suporte do assoalho das galerias e lavatórios de aeronaves são ambientes altamente corrosivos e a utilização de titânio proporciona elevada durabilidade estrutural (WILLIAMS, 2003).

Um dos problemas relacionados à elevada utilização de estruturas compostas nas aeronaves atuais é a compatibilidade dos compósitos de matrizes poliméricas. O titânio é galvanicamente compatível com as fibras de carbono dos compósitos, enquanto o alumínio e os aços de baixa liga geram significativo potencial galvânico quando em contato com o carbono. A seleção de titânio, nesses casos, está relacionada à confiabilidade das estruturas.

Existem sistemas de proteção à corrosão que são usados para isolar o alumínio dos compósitos à base de carbono, para impedir os problemas de corrosão; entretanto, a integridade do recobrimento baseado no tempo de vida da aeronave deve ser levada em consideração. O titânio também tem sido utilizado junto a compósitos poliméricos em razão de sua relativamente boa combinação entre os coeficientes de expansão térmica.

O custo é sempre uma importante consideração. A matéria-prima inicial do titânio pode custar de três a dez vezes à do aço ou do alumínio, e os custos de usinagem para o titânio são, em geral, significativamente maiores que para outros materiais (pelo menos dez vezes maior que para usinar alumínio). Dessa forma, os benefícios da utilização do titânio devem superar o acréscimo nos custos.

Ligas de alumínio

Atualmente, novas ligas de alumínio para a indústria aeroespacial estão em desenvolvimento e com potencial para substituírem os produtos metalúrgicos convencionais obtidos por fusão das ligas das séries 2000, 6000 e 7000. As novas tecnologias utilizadas incluem os compósitos de matrizes metálicas (MMC) e os compósitos híbridos de polímero e metal (Glare). Novas ligas da série 7000, como as ligas 7150 (Al-6,4Zn-2,4Mg-2,2Cu) e 7075 (Al-5,6Zn-2,5Mg-1,6Cu), obtidas por novos processos de têmpera, também estão em desenvolvimento, apresentando elevada resistência mecânica, isentas de tendência ao surgimento de trincas por corrosão sob tensão e limites de resistência superiores a 600 MPa, com aplicação em tanques de motores foguete a propelentes líquidos (MFPL). Outro desenvolvimento importante inclui as ligas alumínio-lítio, que são particularmente interessantes por seu potencial para redução de peso, nas quais, para cada 1% de adição de Li, há uma redução de 3% na massa específica e um aumento de 6% na rigidez da liga. As principais ligas Al-Li utilizadas incluem 2090 (Al-2,5Li-2,5Cu-0,25Mg), 2091 e 8090. A utilização de ligas Al-Li na estrutura de foguetes e tanques de combustível permite uma redução de peso de até 18% em estruturas que necessitam de alta rigidez. Essa é uma abordagem bastante simplista para exemplificar a aplicação das ligas de alumínio em sistemas espaciais. Novas ligas combinadas com novos processos de manufatura têm surgido para atender a requisitos específicos de sistemas especializados no setor espacial (WILLIAMS, 2003)

Ligas metálicas para temperaturas extremas

No setor aeroespacial, historicamente, os materiais metálicos mais utilizados são as ligas de alumínio, titânio, magnésio, cobre e superligas. Essas ligas são utilizadas em seções e peças em que são necessários elevado desempenho e confiabilidade sob condições críticas (elevadas temperaturas e ambiente agressivo). Entre suas propriedades especiais, incluem-se a elevada relação resistência mecânica–peso, a baixa densidade, a alta resistência à corrosão e a resistência a altas temperaturas.

Ligas gama-titânio-aluminídeo

Uma forma de aumentar a tolerância ao dano de estruturas que podem sofrer aquecimento excessivo é aumentar a sua temperatura máxima de utilização sob carga. O titânio pode substituir o alumínio quando a temperatura de trabalho excede a 130°C sob carregamento. As ligas tradicionais de titânio, como a Ti-6Al-4V, podem suportar temperaturas de até 350°C sob carga, nível este ainda insuficiente para as necessidades dos veículos modernos de reentrada orbital. Acima dessa temperatura, aço e superligas à base de níquel são alternativas, mas esses materiais apresentam densidade de, aproximadamente, 1,7 vezes à do Ti.

As ligas gama-titânio-aluminídeo como, por exemplo, a de composição Ti-48Al-2Cr-2Nb, são capazes de atender aos requisitos de reentrada atmosférica de veículos espaciais sob condições deterioradas e ao aquecimento de aeronaves submetidas a elevadas velocidades, podendo suportar temperaturas superiores a 850°C por longos períodos de tempo.

Essas ligas apresentam massa e rigidez específicas superiores às das ligas de titânio convencionais e podem ser usadas em sistemas de propulsão a ar e de compressores de alta e baixa pressão de turbinas a gás.

As pesquisas em curso nessa área nos Estados Unidos visam à produção de aeronaves hipersônicas reutilizáveis com operações semelhantes às de aviões, possuindo rapidez de manutenção entre um voo e outro, custos razoáveis de fabricação, longa vida útil e bom ritmo de produção. Tais aeronaves estarão utilizando materiais cerâmicos reforçados como o C-C e C-SiC e ligas metálicas para alta temperatura γ Ti-Aluminídeo (CHRAPONSKI, 2003; MUTOH, 2002).

Recobrimentos protetores

É comum, atualmente, a aplicação de uma fina camada de material cerâmico sobre a superfície das ligas metálicas utilizadas em condições de altas temperaturas e sujeita a ciclos de choques térmicos, que resulta nos chamados recobrimentos de barreira térmica (*TBC – Thermal Barrier Coatings*). Esses recobrimentos reduzem o fluxo de calor através das paredes metálicas de palhetas e rotores em contato com os gases quentes, permitindo a manutenção das mais altas temperaturas entre gases e metal

durante a operação da turbina. As turbinas modernas de alto desempenho operam tipicamente com temperatura dos gases na entrada da turbina de, aproximadamente, 1450-1500°C. Essas temperaturas são consideradas mais altas do que a capacidade do metal, mas são possíveis pela aplicação desses recobrimentos protetores.

Sistemas com recobrimentos como barreira térmica são especialmente aplicados nas turbobombas e câmaras de combustão de motores MFPL (ALMEIDA, 2006).

Histórico e realizações

Carbono-carbono e seus híbridos

As pesquisas em compósitos de carbono reforçado com fibras de carbono (carbono-carbono) iniciaram-se há mais de duas décadas na Divisão de Materiais (AMR/IAE), com o grupo oriundo do Projeto Carbono-Grafite, que, por sua vez, teve início em 1972, por afinidade de área de conhecimento.

Os compósitos de carbono-carbono pertencem à classe de compósitos denominados termoestruturais. O objetivo do projeto Carbono-Grafite era a obtenção de grafite de alta densidade com propriedades mecânicas e térmicas para aplicações em tubeiras e outros materiais de carbono (eletrodos, escovas) a partir do grafite natural. Posteriormente, foi estabelecido o Convênio nº 01-IPD/82, de 23/9/1982, denominado Projeto Carbono Ortopedia (Projeto nº PD-IPD-8208), entre o CTA/Funcamp (Convênio nº 43/83/0433/00), com suporte financeiro da Finep. O objetivo do projeto era desenvolver próteses em carbono reforçado com fibras de carbono para emprego em ortopedia.

Estabelecia-se, assim, de forma sistemática a pesquisa que motivaria, posteriormente, a implantação do projeto Materiais Carbonosos Estruturais (PC-IPD-8704-R), cujo resultado foi o conhecimento da tecnologia envolvida e, conseqüentemente, a autonomia tecnológica na obtenção do carbono-carbono, até então importados, e de uso imediato em gargantas de tubeiras do VLS e em futuros veículos lançadores.

O escopo das pesquisas desenvolvidas no projeto na década de 1990 concentrou-se no conhecimento básico dos processos envolvidos na obtenção do material e na avaliação de suas propriedades. O material é estratégico, de custo elevado e com poucos fornecedores no mundo. O projeto foi custeado, até o início de 2000, por verba orçamentária do Comando da Aeronáutica e um projeto da Finep de R\$ 250 mil no início da década de 1990. Em 1999, foi avaliado um primeiro protótipo de garganta de tubeira produzido em laboratório, em motor-foguete Trombeta, que atingiu os objetivos do conhecimento do ciclo completo de processo, embora o desempenho do produto no ensaio do motor-foguete não tenha sido satisfatório, o que tornou necessária a implantação de melhorias no processo de produção.

Posteriormente ao encerramento oficial do projeto em 2000, ele foi transformado em atividade custeada por verbas com rubricas do VLS e de Tecnologias Associadas, para projetos/atividades de pequeno porte.

Como atividade, os esforços caminharam no sentido de viabilizar o projeto básico de uma planta para fabricação de compósitos carbono-carbono. A aquisição de equipamentos para essa planta vem sendo operacionalizada de acordo com a disponibilização financeira do projeto VLS. As pesquisas fundamentais permitiram vislumbrar soluções e óbices para uma unidade piloto de manufatura que atenda às necessidades relacionadas a gargantas de tubeira de foguete a propelente sólido. Atualmente, existe uma demanda reprimida para aplicação desses materiais em proteções térmicas ablativas (escudos térmicos) e em componentes de defesa (aletas de vetorção).

As matérias-primas para manufatura dos compósitos carbono-carbono são disponíveis no Brasil, exceto as fibras de carbono, que é insumo fundamental. Entretanto, a utilização de fibras de carbono com qualificação aeronáutica não é mandatória para os compósitos carbono-carbono. O compósito carbono-carbono utilizado em garganta de tubeira de foguete é adquirido no mercado internacional a um custo de US\$ 1.500/kg. Estima-se, porém, que manufaturar esse compósito no Brasil terá um custo de produção equivalente a 1/3 desse valor.

A fabricação do material com a finalidade de uso em gargantas de tubeiras de foguete, certificadas e qualificadas, exige a utilização de equipamentos específicos e de alto custo.

Fibras de carbono

As pesquisas em fibras de carbono no Brasil foram iniciadas no fim dos anos 1960, por meio de contatos técnicos estabelecidos, inicialmente, com os pesquisadores da Universidade de Swansea, no Reino Unido, e da Universidade de Karlsruhe, na Alemanha.

A pesquisa sistemática para a obtenção de fibras de carbono iniciou-se em 1977, com uma unidade laboratorial de tratamento térmico, suportada pelo convênio Ministério da Aeronáutica nº 06-02/1255/81/Banco do Brasil (Fipecc).

As fibras de carbono têm origem em fibras orgânicas, que, após tratamento térmico, em temperaturas elevadas ($>1000^{\circ}\text{C}$), transformam-se em carbono. Considerando o rendimento final, custo relativo e uniformidade de propriedades, a escolha da fibra de origem recai sobre as fibras de poliacrilonitrila (PAN). No projeto MAer/Fipecc, foi utilizada inicialmente uma fibra de PAN importada, fabricada pela Courtaulds (Reino Unido), denominada comercialmente de SAF. Ainda durante a década de 1980, foi obtida, com o precursor importado (SAF), uma fibra de carbono com resistência a tração de 2,50 GPa e um módulo elástico de 210 GPa, na unidade laboratorial de tratamento térmico, à época valores considerados como propriedades mecânicas de referência comercial.

Em razão de restrições de importação do precursor PAN impostas ao País, esforços foram canalizados no início da década de 1980 para a obtenção de fibras de PAN nacional, em escala laboratorial. A pesquisa teve seu início sistemático, com suporte financeiro do Fipecc/Banco do Brasil S/A, entre 1977 e 1981, quando então foi desenvolvida uma planta laboratorial para a síntese e obtenção de fibras de poliacrilonitrila e para o processamento contínuo de fibras de carbono a partir de fibras de poliacrilonitrila ainda importadas.

Posteriormente, foi estabelecido um convênio entre o Ministério da Aeronáutica/Brasil e a United Nations Industrial Development Organization (UNDP/Unido), convênio ST/BRA/81/T01, que vigorou entre 1981 e 1987. Esse convênio contribuiu na capacitação de pessoal e no aprimoramento da tecnologia de fibras de carbono, permitindo que o País dispusesse desde a matéria-prima (fibras de PAN) até o produto acabado (fibras de carbono), em escala laboratorial. Posteriormente, em 1986, foi estabelecido um contrato com a Companhia Petroquímica do Nordeste S/A (Copene) (Termo de Contrato nº 004-IPD/C/86, de 22/1/1986) e com sua coligada Fibras Sintéticas da Bahia S/A (Fisiba),

vislumbrando uma possível transferência da tecnologia de produção de fibras de carbono para essa empresa, que, por força de estudos de viabilidade econômica, indicavam não haver mercado para fibras de carbono, o convênio foi rescindido em 5/11/1987 (Relatório Copene/Ceden/Dipesq 87/0039, de 5/10/1987, e documentos Ceden 87/0025, de 5/11/1987, e 202-IPD/87, de 27/11/1987). Na década de 1990, as pesquisas de PAN nacional e fibra de carbono tiveram interrupção nos seus projetos e, assim, a meta referente à obtenção de fibra de carbono utilizando precursor nacional não foi cumprida e o projeto foi descontinuado.

Em 2003, o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTM/SP) executou o Projeto Finep – Convênio nº 01.03.0356.03 –, que teve como coexecutores o CTA, o IQ-Unicamp, o IF-USP e a Crylor, para o desenvolvimento de fibra precursora de poliacrilonitrila e de fibra de carbono. O projeto teve seu encerramento em dezembro de 2006, com a obtenção do polímero e das fibras de PAN na unidade piloto da Crylor.

A fibra obtida na Crylor, depois de oxidada e carbonizada no CTM/SP, resultou em uma fibra de carbono com resistência a tração de 2,6 GPa e módulo elástico de 181 GPa, conforme informado no relatório final do convênio elaborado pelo CTM/SP.

Materiais ablativos

Nos primórdios do programa de lançadores de foguete do IAE, os componentes ablativos eram importados e constituídos, basicamente, de compósitos de fibras de sílica ou fibras de carbono com resinas termorrígidas (basicamente à base de fenol-formaldeído). Posteriormente, esses materiais foram desenvolvidos no Brasil e, hoje, são fabricados por empresas brasileiras, a partir de matérias-primas importadas. É o caso das fibras de sílica e das fibras de carbono com resinas fenólicas comerciais disponíveis no mercado brasileiro.

A necessidade de maior confiabilidade estrutural de materiais ablativos veio demandar materiais com maior resistência ao desgaste termo-oxidativo em relação aos utilizados até então. Assim, esforços têm sido empreendidos atualmente no sentido de sintetizar resinas fenólicas e resinas epóxi modificadas com boro, fósforo e silício, que são notadamente elementos antioxidantes (GREGORI, 2009).

Titânio

Em 1966, foi introduzida a ideia de se produzir esponja de titânio no CTA, em escala piloto (100 kg por corrida), pelo processo Kroll, segundo o esquema divulgado pelo U.S. Bureau of Mines, utilizando-se o tetracloreto de titânio (TiCl_4) produzido no Brasil pela Companhia Eletroquímica Pan-Americana (Cepa), do Rio de Janeiro.

A usina piloto da Divisão de Materiais foi inaugurada em 1968, mas, por causa de um acidente com vazamento de TiCl_4 na unidade de purificação, começou a funcionar efetivamente em abril de 1969. A equipe do Projeto Titânio do CTA, à medida que operava os vários equipamentos, foi corrigindo suas deficiências e introduzindo uma série de modificações, que resultaram, em 1975, no projeto de um equipamento inovador para a época, capaz de produzir 200 kg de esponja por corrida, num mesmo forno e num mesmo reator, além de realizar as duas operações – redução de TiCl_4 e destilação em vácuo da esponja – consecutivamente, sem interrupções para resfriamento da carga e troca de equipamento.

Em decorrência de problemas internos na Cepa, o fornecimento de TiCl_4 foi suspenso em 1972, levando o CTA a prosseguir os trabalhos na usina piloto utilizando TiCl_4 importado. Os trabalhos de pesquisa foram encerrados em 1976 e, em 1977, o CTA solicitou a patente do processo ao Inpi.

De 1976 a 1981, o CTA negociou a venda da tecnologia desenvolvida na Divisão de Materiais, mas não foram encontrados interessados para utilização imediata. Em 1981, a Metamig, de Minas Gerais, firmou convênio com o CTA, visando ampliar a escala de produção da usina piloto da Divisão de Materiais para cerca de 450 kg de esponja por corrida, utilizando as mesmas instalações, mas construindo equipamento de maior porte. A usina piloto foi ampliada, mas, por dificuldades econômicas da Metamig, não chegou a entrar em operação de rotina.

Em 1986, após quatro anos de negociações, a CVRD assumiu os encargos da Metamig, por transferência do Convênio com o CTA. Os trabalhos no CTA foram reiniciados em 16 de setembro de 1986, para, segundo consta do Termo de Ajuste com a CVRD, operar a usina piloto da Divisão de Materiais por um período mínimo de 11 meses, com uma corrida semanal de 450 kg de esponja, quando operando com dois reatores; testar o equipamento desenvolvido; treinar nova equipe de operação pertencente aos quadros de funcionários da CVRD; testar a qualidade do produto obtido; e levantar parâmetros para o projeto de um módulo semi-industrial produtor de esponja de titânio.

Como resultado dessa etapa do projeto, o reator original da patente do CTA foi modificado, obtendo-se uma versão mais simples e eficiente. Aumentou-se a capacidade de produção dos reatores de 450 kg para 750 kg de esponja por corrida, no mesmo período de tempo previsto (72 horas).

Das 30 corridas previstas no convênio CTA/CVRD, foram realizadas 29, com consumo de cerca de 60 toneladas de tetracloreto de titânio importado para o programa. A equipe de operação, pertencente à CVRD, foi composta de um engenheiro, três técnicos, três operadores e cinco serventes. Operou-se a usina piloto em regime de uma corrida por semana, durante cerca de 10 meses de treinamento intensivo, com a equipe do CTA.

A qualidade da esponja produzida na usina piloto da AMR enquadrava-se nas normas internacionais. Os parâmetros necessários à elaboração do projeto do primeiro módulo produtor de esponja foram fornecidos à CVRD por meio de relatórios mensais do engenheiro chefe da Equipe de Operações e de relatórios trimestrais do gerente do projeto.

O Projeto Titânio foi encerrado em 20 de novembro de 1987. Os blocos de esponja de titânio foram fragmentados na AMR e a britagem final foi realizada na CVRD, que também comercializou parte do produto.

O cloreto de magnésio produzido durante as 29 corridas do convênio também foi comercializado pela CVRD, que vendeu cerca de 60 t do produto a empresas nacionais.

O Projeto Titânio evoluiu, normalmente, com a total transferência da tecnologia desenvolvida no CTA para uma empresa brasileira. Tal transferência foi feita com a mais completa participação dos funcionários da CVRD, que foram incorporados às equipes da AMR e permaneceram nas dependências da Divisão por mais de um ano, observando e aprendendo todos os detalhes do processo de produção de esponja de titânio.

Como forma adicional de facilitar a implantação da indústria de titânio no Brasil, o CTA emprestou à CVRD todo o equipamento da usina piloto montada na AMR. A CVRD operou a usina piloto em Santa Luzia, na Grande Belo Horizonte, a partir de junho de 1988, que produziu cerca de 30 t de esponja de titânio.

Dificuldades financeiras e reorientação de metas e objetivos por parte da CVRD, que buscava lucro imediato, levaram sua Superintendência de Tecnologia a suspender as operações da usina em fins de 1991. Em 1994, a CVRD devolveu os equipamentos emprestados, que foram recolhidos aos depósitos do CTA como sucata.

Para a pesquisa brasileira, o Projeto Titânio foi importante pelas seguintes razões:

- propiciou a aquisição de larga experiência na obtenção do metal, que culminou com a concessão de uma patente pelo Inpi e possibilitou, também, o recebimento do Prêmio Governador do Estado de São Paulo, em 1980, que foi o primeiro a ser concedido ao CTA;
- tornou o Brasil autossuficiente na tecnologia de produção de esponja de titânio, processo só disponível em fechado grupo de países industrializados;
- serviu para colocar, no mercado brasileiro, razoável quantidade de titânio metálico (só com o programa principal foram produzidas, no CTA, cerca de 40 toneladas do produto);
- propiciou o conhecimento da tecnologia de redução de cloretos metálicos e de metais reativos, tais como o zircônio, o urânio, o nióbio e o magnésio (na AMR foi desenvolvido o Projeto Materiais Nucleares, para a Cnen); e
- propiciou a experiência necessária em vacuometurgia para a manufatura de ligas reativas e refino de metais e serviu como ponta de lança para o desenvolvimento tecnológico, gerando avanço da indústria brasileira com a fundação da Eletrometal.

Recobrimentos protetores

No início de 2003, iniciaram-se no AMR estudos para o desenvolvimento de revestimentos cerâmicos (*Thermal Barrier Coatings – TBC*) sobre ligas metálicas, pela técnica *Electron Beam-Physical Vapor Deposition (EB-PVD)*, usando-se um forno de fusão por feixe de elétrons adaptado.

Com o objetivo de desenvolver processos e materiais para revestimentos, esse equipamento foi adaptado e vem sendo utilizado em projetos de pesquisas cuja finalidade é a evaporação de materiais metálicos e cerâmicos e sua posterior condensação em substratos metálicos, financiados pelo IAE e pela Fundação de Amparo a Pesquisa de São Paulo (Fapesp). Como resultados desse trabalho, foram gerados duas teses de doutorado, diversos trabalhos em congressos e publicações em periódicos nacionais e internacionais.

Pela complexidade do processo e pela exigência de alto nível de controle, tornou-se necessária a troca de informações com centros de pesquisa nacionais e internacionais que já vinham trabalhando com pesquisas sobre processamento, materiais e caracterização dos revestimentos. Para tanto, apresentou-se uma proposta de projeto para a Colaboração Interamericana em Materiais (Ciam), patrocinada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com o objetivo de fortalecer os laços científicos entre grupos de pesquisa do México (Centro de Investigação e de Estudos Avançados do Instituto Politécnico Nacional), dos EUA (International Center for Materials Research da Universidade da Califórnia) e de pesquisadores do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e da Escola de Engenharia de Lorena (EEL-USP). Esse projeto entrou em vigência em 2007 com duração prevista de três anos.

Outra frente de trabalho, que está sendo iniciada com recursos oriundos da Chamada para Projetos de P&D por meio da Ação 6704 da AEB, é um projeto em parceria com a EEL-USP para a validação de bancos de dados termodinâmicos por meio da comparação de características microestruturais e de cálculos utilizando um *software* específico e de microestruturas reais de amostras de materiais para utilização em revestimentos.

Esse tipo de revestimento é imprescindível para a proteção térmica de palhetas de turbinas aeronáuticas, permitindo um ganho de até 200°C na temperatura de operação. Em câmaras de combustão de motores-foguete a propelentes líquidos, pesquisas recentes indicam que tais revestimentos permitem aumento significativo de eficiência do processo.

Principais problemas relacionados ao desenvolvimento dos novos materiais

Recobrimentos protetores

Como as pesquisas preliminares no IAE foram realizadas em um equipamento adaptado, a qualidade dos revestimentos não permitiu sua aplicação em componentes de voo. Para tanto, seriam necessárias a aquisição de um equipamento de evaporação específico, a montagem de infraestrutura de apoio (predial e de pessoal), além de equipamentos para a caracterização dos revestimentos.

Titânio e suas ligas

Fornecimento do titânio no mercado nacional – Embora a tecnologia de obtenção do metal tenha sido desenvolvida no País, a produção foi abandonada pela iniciativa privada, agravando a dependência tecnológica desse importante e estratégico insumo para o País. Todo o titânio consumido no País, quer seja na área espacial, aeronáutica, quer seja, principalmente, na área médica, é oriundo dos países exportadores: Estados Unidos, Rússia, Japão e China.

A indisponibilidade do material no mercado em condições favoráveis de fornecimento e custo reprime a demanda por exigir soluções alternativas para a substituição do metal em aplicações específicas, além de impedir o desenvolvimento e a capacitação para produzir, avaliar e certificar novas ligas de titânio, incluindo aquelas de uso em altas temperaturas.

Carbono-carbono

Barreiras de aquisição – Há, por parte dos países produtores, barreiras de aquisição do material para aplicações aeroespaciais no mercado internacional, em relação tanto ao material propriamente dito (compósito carbono-carbono) quanto ao insumo fundamental (fibras de carbono).

Custo – O compósito carbono-carbono é inerentemente de alto custo, pelo uso de equipamentos específicos e dedicados, ciclos longos de processo e alto custo da matéria-prima (fibras de carbono).

Alocação financeira – A instabilidade na alocação orçamentária tende a provocar atrasos, desvios e perda de direcionamento na conclusão de metas.

Pessoal – Desmantelamento gradual da equipe seja por aposentadorias, seja por alocação em outras atividades.

Estratégico – Falta de visão direcionada, foco e concentração de esforços na atividade fim, para as necessidades tecnológicas do País.

Respostas para a solução dos problemas

Titânio

Recuperar a capacidade perdida de produção do titânio no País a partir do minério nacional (anatásio – TiO_2). Para tanto, os esforços devem ser direcionados a três aspectos:

- 1) retomada do processo de obtenção do metal pela cloração do minério nacional, com a remontagem de uma usina piloto para o estudo e a readequação do processo anteriormente desenvolvido, contando com a efetiva participação da iniciativa privada;
- 2) contratação de profissionais por meio de concurso público, para garantir a continuidade da pesquisa e o desenvolvimento na área;

3) Capacitação dos institutos de pesquisa e das universidades com a infraestrutura e os incentivos necessários para a condução de projetos de desenvolvimento de ligas especiais aplicadas às tecnologia espaciais e incentivo à participação de empresas, com o propósito de facilitar a transferência da tecnologia para o mercado.

Carbono-carbono

Barreiras de aquisição – Levantamento de outros fornecedores de curto prazo e investimento no País para viabilizar uma unidade de fabricação de compósitos carbono-carbono.

Custo – Concepção, projeto e viabilidade da fabricação tanto de equipamentos quanto do material (compósito carbono-carbono) no País.

Alocação financeira – Projetos conduzidos com fundações, com propostas a agências financiadoras. Elaboração de propostas orçamentárias realistas para a condução e a conclusão das metas.

Pessoal – Contratação de pessoal por meio de concurso público para continuidade da pesquisa e desenvolvimento. Convênios e contratos com instituições de ensino (universidades) para a viabilização de pequenos projetos de pesquisa que atendam a metas específicas do projeto.

Estratégico – Foco na necessidade do cliente (veículos lançadores).

Fibras de carbono

Apoio irrestrito à iniciativa privada na montagem de uma unidade produtora da fibra precursora de PAN e de fibra de carbono nacionais.

Ligas metálicas para altas temperaturas, ligas de alumínio e compósitos de matrizes cerâmicas

As pesquisas nessas áreas ainda são embrionárias e falta a definição de requisitos para uso, infraestrutura para a execução de projetos de P&D, capacitação para o domínio das técnicas de processamento das ligas metálicas e financiamento contínuo para o cumprimento de metas segundo a demanda das outras tecnologias.

Considerações finais

Os setores de aeronáutica e espaço são reconhecidos mundialmente como de grande intensidade tecnológica e geradores de produtos de alto valor agregado, e passam por situação e expectativa futura de expansão, graças à demanda de mercado. Entende-se, aqui, por demanda também a obrigatoriedade de geração de *spin-off* oriundo da necessidade do desenvolvimento das tecnologias espaciais. O mercado é bastante competitivo e os riscos são elevados; os bens não estão prontos para aquisição imediata e são desenvolvidos de acordo com as especificações do demandante, envolvendo tecnologias que restringem o acesso de novos atores.

O setor aeroespacial é muito dinâmico nas áreas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico e disseminador de novas ciências e tecnologias para a maioria dos outros setores, como o acadêmico e o industrial, por isso é considerado altamente estratégico por muitos países no mundo. Entretanto, esse setor envolve altos custos de desenvolvimento, tornando-o merecedor de políticas de poder de compra, de incentivos, de subsídios, de atração de investimentos e de outros instrumentos exercidos por governos, como os dos EUA, do Japão, do Canadá e de países da comunidade europeia.

Os insumos para a produção das aeronaves e dos satélites fabricados no Brasil são, na quase totalidade, importados. Embora haja pesquisa de alto nível em algumas áreas, não há produção significativa de materiais com qualificação aeronáutica e espacial.

Se há falta de fornecedores nacionais consolidados como uma das principais carências na área de novos materiais, a falta de fornecedores nacionais com qualificação suficiente é ainda mais crítica.

Uma maneira de acelerar o desenvolvimento de toda a cadeia de fornecimento e de pesquisa dos novos materiais é a inclusão do tema como produto, com as outras tecnologias já enumeradas no Pnae, com financiamentos contínuos para o cumprimento de metas definidas no horizonte de 2022, a fim de atender à demanda gerada pelas outras áreas.

Na execução de projetos de P&D, devem estar envolvidos setores da iniciativa privada que vão usufruir dos *spin-offs* gerados. Para tanto, é necessário estar atento a todas as possíveis aplicações dos novos materiais, mesmo fora das áreas aeroespaciais, e promover efetivo estímulo ao nascimento de projetos *spin-off* que possam gerar produtos visíveis no mercado.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, D. S.; CAIRO, C. A. A. EB PVD TBCs of zirconia co-doped with yttria and niobia, a microstructural investigation. *Surface & Coatings Technology*, Suíça, v. 200, p. 2827-2833, 2006.

ANDERSEN, P.J.; ALBER, N.E.; THELLMANN, E.L. P/M Titanium reduces aerospace components costs. *Precision Metals*, n. 104, 1980.

BAMFORD, M. et al. Global and local characterization of the thermal diffusivities of SiCf/SiC composites with infrared thermography and flash method. *Composites Science and Technology*, v. 69, p. 1131-1141, 2009.

BOYER, R. R. An overview of the use of titanium in the aerospace industry. *Materials Science and Engineering A*, v. 213, p. 103-114, 1996.

CHRAPONSKI, J. et. al. Microstructure and chemical composition of phases in Ti-48Al-2Cr-2Nb intermetallic alloy. *Materials Chemistry and Physics*, v. 81, p. 438-442, 2003.

FLORIAN, M. et al. Compósitos SiCf /SiC utilizados em sistemas de proteção térmica. *Cerâmica*, São Paulo, v. 51, p. 280-284, 2005 (Impresso).

GREGORI, M. L. et al. Ablative and mechanical properties of quartz phenolic composites. *Journal of Aerospace Technology and Management*, v. 1, n. 1, p. 63-68, 2009.

GUTHRIE, J. D.; BATTAT, B.; SEVERIN, B. K. Materials for protection systems for space vehicles, *AMPTIAC*, Rome, NY, 2001.

HENRIQUES, V.A.R. Titanium production for aerospace applications. *Journal of Aerospace Technology and Management*, v.1, n.1, p. 7-17, 2009.

_____. *Titânio no Brasil*. 1. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2008.

_____ et al. Metalurgia do titânio e suas ligas. *M & M - Metalurgia e Materiais*, São Paulo, v. 61, n. 559, p. 515, 2005.

MUTOH, Y. et al. Effect of microstructure on fatigue crack growth in TiAl intermetallics at elevated temperature. *Materials Science and Engineering A*, v. 323, p. 62-69, 2002.

ROVER, C.F.S.; HENRIQUES, V.A.R.; CAIRO, C.A.A. Titânio no Brasil. *M & M - Metalurgia e Materiais*, São Paulo, v. 61, n. 559, p. 519-521, 2005.

SAVAGE, G. *Carbon-Carbon Composites*. Chapman & Hall: London, UK, 1993.

WILLIAMS, J. C.; STARKE JR., E.A. Progress in structural materials for aerospace systems. *Acta Materialia*, v. 51, p. 5775-5799, 2003.

O DESAFIO DA PROPULSÃO LÍQUIDA – TECNOLOGIA ESTRATÉGICA PARA O BRASIL

*Avandelino Santana Junior**

Resumo

As missões previstas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) para o período até 2022 e os objetivos estratégicos do setor espacial, descritos na Estratégia Nacional de Defesa, demandam cargas-úteis que o atual veículo lançador de satélites brasileiro (VLS-1) não possui capacidade de cumprir, principalmente, por utilizar em todos os seus estágios propulsores sólidos. Uma possibilidade de aumentar significativamente a carga-útil do VLS-1 é por meio da substituição dos propulsores sólidos dos estágios superiores por motores a propelente líquido. Ao longo de 15 anos, várias configurações surgiram no Brasil e outras foram propostas por diversos países (França, Rússia, EUA, Ucrânia), todas elas com o emprego de propulsores líquidos. Entretanto, a falta de definição com relação ao sucessor do VLS-1, os poucos recursos humanos e orçamentos reduzidos fizeram que a estratégia prevista, em 1994, para área de propulsão líquida, não atingisse suas metas. O objetivo deste artigo é apresentar as realizações, a situação atual, os principais óbices para consecução das metas, bem como propor soluções para atingimento dos objetivos estratégicos numa visão de cenário para 2022.

Palavras-chave: Propulsão líquida. Veículo lançador de satélites. Programa Espacial.

* Graduado em Engenharia Mecânica-Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), possui o curso de especialização em Propulsão Líquida pelo Moscow State Aviation Institute (MAI), mestrado na área de Aerodinâmica, Propulsão e Energia pelo ITA e doutorado em Ciências Aeroespaciais pelo MAI. Trabalhou em diversos projetos relativos à área de Propulsão Líquida, destacando-se a gerência do Banco de Provas para Propulsão Líquida e a coordenação dos ensaios acústicos para estudo de instabilidade de combustão em motores foguete a propelente líquido. Coronel da Força Aérea Brasileira, é o atual chefe da Divisão de Propulsão do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE).

Introdução

A teoria de foguetes movidos a propelente líquido foi descrita primeiramente por um professor russo de matemática e física, Konstantin Eduardovich Tsiolkovski (1857-1935), que em 1898 propôs a ideia de que o espaço poderia ser explorado por meio de foguetes. Em 1903, ele apresentou o projeto de uma câmara de combustão refrigerada com líquido, sugerindo o uso de propelentes líquidos para alcançar grandes altitudes. Além disso, derivou a equação que é base de toda teoria de foguetes com múltiplos estágios, enunciando que o alcance e a velocidade de um foguete seriam limitados pela velocidade dos gases de exaustão e pela razão de massa entre seus estágios (SANTANA JR., 1999).

Somente no início do século XX, as ideias de Tsiolkovski foram colocadas em prática por um professor de física experimental, o americano Robert Hutchings Goddard. Seus primeiros experimentos utilizavam foguetes a propelente sólido com diferentes composições, o que resultava em distintos valores de velocidades de exaustão dos gases. Em 1919, ele publicou um relatório para o Institute Smithsonian como resultado de uma pesquisa sistemática, postulando que a Lua seria alcançada por meio de foguete movido a propelente sólido de múltiplos estágios. Entretanto, ele não demorou muito para se convencer de que um foguete desse tipo seria mais bem propulsado por motores a propelente líquido, ocorrendo o primeiro voo com sucesso em 1926, por intermédio de um motor movido a oxigênio líquido e gasolina. Os experimentos de Goddard com propelentes líquidos continuaram durante muitos anos e seus veículos tornaram-se maiores e voavam cada vez mais alto, mas sem nunca terem atingido o espaço.

Quase nessa mesma época (1923), porém na Alemanha, Hermann Oberth (1894-1989) publicou um artigo sobre voos no espaço cósmico, em que apresentava o uso de motores a propelente líquido em foguetes de múltiplos estágios, o que inspirou a formação de pequenas sociedades dedicadas ao estudo de foguetes em todo o mundo. Em 1937, um grupo de engenheiros e cientistas alemães, incluindo Oberth, sob a direção de Wernher von Braun, reuniu-se em Peenemunde, costa do Mar Báltico na Alemanha, para projetar e construir o mais avançado foguete, até então produzido (foguete V-2), queimando álcool e oxigênio líquido. A partir daí, ambos os programas espaciais, americano e soviético, iniciaram uma variedade de experimentos em propulsão, tendo conseguido suas grandes conquistas utilizando-se de veículos com motores-foguete a propelente líquido, como por exemplo o foguete Vostok, movido a oxigênio líquido e querosene, que levou o primeiro satélite (Sputnik) e o primeiro homem ao espaço (Yuri Gagarin); bem como o foguete Saturno V, cujo primeiro estágio era propulsado

a oxigênio líquido e querosene, sendo os demais estágios a oxigênio líquido e hidrogênio líquido, que levou os primeiros astronautas à Lua.

Atualmente, a maioria dos veículos lançadores de satélites de médio e grande porte emprega quase que exclusivamente a propulsão líquida em seus estágios, quando existem propulsores sólidos, eles são utilizados apenas nos primeiros instantes do voo como *boosters* para acelerar o veículo durante a fase de maior arrasto aerodinâmico, como por exemplo nos Space Shuttle (estadunidense) e no Ariane 5 (francês).

Os propulsores líquidos são, também, largamente empregados em satélites de diferentes tamanhos e finalidades, tais como os de sensoriamento remotos, meteorológicos e de comunicação, efetuando as pequenas correções requeridas para as suas permanências em órbita ao redor da Terra.

No Brasil, o atual veículo lançador de satélites (VLS-1) não possui capacidade de cumprir as futuras missões do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), para o período até 2022, nem tampouco atender aos objetivos estratégicos do setor espacial, referindo-se ao Satélite Geoestacionário Brasileiro (SGB), descrito na Estratégia Nacional de Defesa, principalmente por utilizar em todos os seus estágios propulsores sólidos. Entretanto, vislumbra-se a possibilidade de aumentar significativamente a carga-útil do VLS-1 por meio de modificação parcial do veículo, especialmente com a substituição dos propulsores sólidos dos estágios superiores por motores a propelente líquido. Nesse sentido, várias propostas surgiram dentro do País e outras foram apresentadas por diferentes países (França, Rússia, EUA, Ucrânia), todas com o emprego de propulsores líquidos.

Além de considerar como estratégico o setor espacial, a Estratégia Nacional de Defesa estabelece como uma das três diretrizes de evolução da FAB a integração das atividades espaciais nas operações da Força Aérea, sendo uma prioridade: “projetar e fabricar veículos lançadores de satélites e desenvolver tecnologias (...) de propulsão líquida” (BRASIL, 2008b, p. 24).

Vale mencionar também que uma das atribuições subsidiárias do Comando da Aeronáutica (Comaer) é contribuir para formulação e condução da Política Aeroespacial Nacional, seja como responsável pelo Subprograma de Veículos Lançadores do PNAE, seja no domínio de tecnologias requeridas para o projeto, desenvolvimento e construção de veículos de sondagem, a fim de atender às necessidades nacionais, conforme consta da Missão da Aeronáutica (BRASIL, 2007b, p.14).

O tratamento prioritário dado pelo Comaer aos Projetos de Engenhos Espaciais “VLS-1 e VSB-30” corrobora a importância do tema para o Comaer, pois ele fortalece um dos Objetivos Estratégicos do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (Pemaer), que é o de “habilitar o País no desenvolvimento e construção de engenhos aeroespaciais” (BRASIL, 2008a).

Neste artigo, são apresentadas as realizações, os principais obstáculos e a visão de cenário para 2022, dentro da estratégia de capacitação e desenvolvimento da tecnologia de propulsão líquida no Brasil.

A tecnologia de propulsão líquida no Brasil

Histórico e realizações

Pode-se afirmar que o primeiro passo concreto em pesquisa sobre propulsores líquidos no Brasil foi dado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), em 1984, quando foi testado um micropropulsor monopropelente a hidrazina, com 6N de empuxo, cuja aplicação seria em sistemas de controle de satélites. Em 1991, pesquisas se sucederam para produção no Brasil do tetróxido de nitrogênio, que seria empregado com a hidrazina em motores bipropelentes. Apesar de o par de propelentes hidrazina e tetróxido de nitrogênio ser altamente tóxico, corrosivo e explosivo, eles fornecem vantagens para atuação de satélites no espaço, principalmente por serem estocáveis durante longos períodos e por se autoignitarem quando em contato um com o outro (par hipergólico).

No entanto, para aplicação em veículos lançadores de satélites, somente em 1994 foi proposta a estratégia para capacitação na área de propulsão líquida, iniciando-se pelo estudo para seleção de propelentes nacionais para uso em propulsores líquidos. Realizou-se, inicialmente, um levantamento de propelentes operacionais representativos de épocas distintas, a partir da década de 1960, para, em seguida, proceder à escolha dentro dos critérios estabelecidos. Como resultado, o par oxigênio líquido–querosene foi selecionado, ficando o par oxigênio líquido–hidrogênio líquido como uma opção para o futuro (NIWA, 1994a).

Nesse mesmo relatório, foi apontada a direção a ser seguida para a capacitação em tecnologia de propulsão líquida (NIWA, 1994b). Em 1997 e 1998, foi levado a efeito um Curso de Especialização em

Propulsão Líquida, tendo sido ministrado por professores russos do Instituto de Aviação de Moscou (MAI), propiciando a formação de um grupo de 18 especialistas para dar início ao desenvolvimento do primeiro propulsor líquido nacional.

A forma escolhida para implantação da estratégia era a de capacitar o País para especificar, projetar, fabricar, testar e operar propulsores líquidos por meio de uma sequência de desenvolvimento de motores com grau crescente de dificuldades. Essa estratégia, por sua vez, foi complementada em 1998, por meio de nova proposta focada em termos da necessidade de formação de recursos humanos e da necessidade de definições em relação ao veículo lançador, a fim de nortear o desenvolvimento de propulsores líquidos.

Em 1999, decorrente das dificuldades de importação do módulo de controle de rolamento do VLS-1 da Rússia, iniciou-se o processo de nacionalização do propulsor de 400 N de empuxo, com propelentes estocáveis, o qual foi testado pela primeira vez em 2003, no LCP/Inpe.

Entre 1999 e 2001, foi projetado e construído um sistema de ignição para motores foguetes a propelente líquido baseado no ignitor gás-dinâmico.

Em 2003, paralelamente a outros desenvolvimentos e estudos, iniciou-se o desenvolvimento de um motor com 5 kN de empuxo (Motor L5), operando com querosene e oxigênio líquido, cuja finalidade seria substituir com vantagens o quarto estágio sólido do VLS-1, possibilitando quase dobrar a carga-útil desse veículo, bem como melhorar a precisão de inserção em órbita, através do controle do último estágio (SANTANA JR., 2003).

Os primeiros ensaios com sucesso do Motor L5 ocorreram em 2005, tendo sido utilizado oxigênio líquido e etanol em todos os testes. Esse projeto serviu, também, para operacionalizar o Banco de Testes de Motores Líquidos até 20 kN de empuxo (SANTANA JR., 2005).

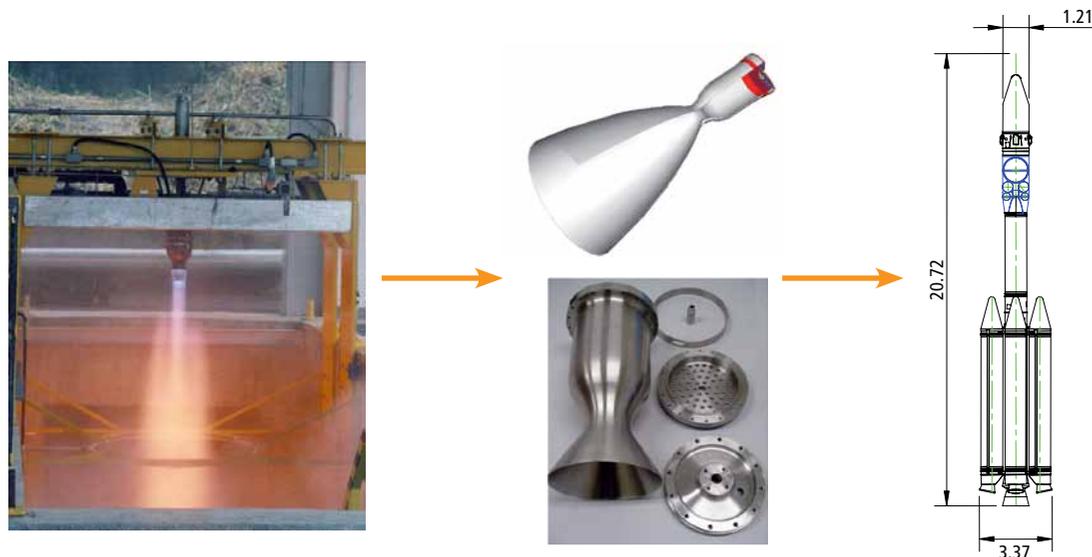


Figura 1 – Teste do Motor L5 em solo (modelo de desenvolvimento), componentes do modelo de engenharia e VLS-1 com Motor L5 no 4º estágio

Fonte: Instituto de Aeronáutica e Espaço, 2010.

Apesar das realizações descritas anteriormente para o período 1994-2005, em termos práticos, a falta de recursos financeiros para implantação da estratégia traçada em 1994 e a falta de definição de um novo veículo lançador com propulsor líquido foram os principais fatores para o atraso no programa de capacitação, fazendo que não houvesse justificativa para manter juntos os especialistas em propulsão líquida, egressos do curso de 1997-1998, o que acabou por levá-los a retornar às suas antigas funções.

Atividades em andamento

Atualmente, várias atividades vêm sendo desenvolvidas com a finalidade de capacitar o pessoal para projetar, fabricar e testar motores-foguete a propelentes líquidos no País, limitando-se ao conhecimento existente e à disponibilidade de recursos financeiros e de pessoal. Como estratégia geral, as atividades de propulsão apóiam-se no seguinte tripé: concepção e pesquisa no País, cooperação estrangeira e participação da indústria, conforme Figura 2.

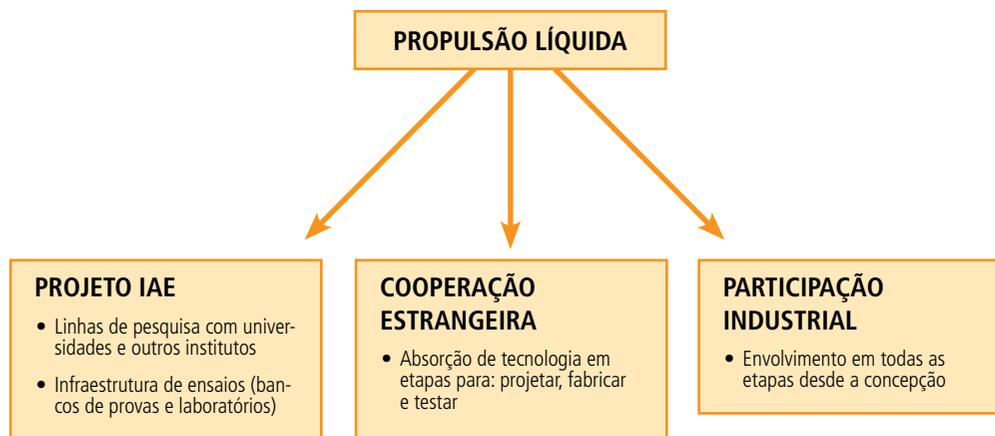


Figura 2 – Tripé de apoio das atividades de propulsão líquida no País

Fonte: Instituto de Aeronáutica e Espaço, 2010.

Motor L5

Como primeiro passo dessa estratégia, para projeto de motor e operacionalização de banco de provas, foi utilizado o Motor L5, que foi desenvolvido integralmente no País, sem apoio externo, e com fabricação de suas partes na indústria local. Hoje, o motor aguarda a conclusão dos ensaios de qualificação em solo para possível aplicação em estágios superiores de veículos lançadores ou foguetes de sondagem.

Um estágio composto pelo Motor L5 poderá ser testado como segundo estágio em um veículo de sondagem, mais para verificação de conceitos e de funcionamento em altitude do que para atendimento de uma missão específica.

Vale ressaltar que o nível de empuxo foi escolhido para atender a um veículo lançador de satélites, semelhante ao atual VLS-1 nos 3 (três) primeiros estágios, substituindo o quarto estágio sólido por um propulsor líquido, conforme relatório técnico (SANTANA JR., 2005).

As vantagens dessa substituição são: (i) aumentar a carga-útil e (ii) melhorar a precisão de inserção em órbita, por meio do controle do último estágio.

Mesmo que existam outras propostas de veículos lançadores, a possibilidade de desenvolver de forma independente, sem ajuda externa, um estágio completo, composto de tanques, válvulas reguladoras e estruturas, serve como excelente forma de absorver melhor os conhecimentos a serem transmitidos por especialistas estrangeiros, no caso de desenvolvimento de um veículo com motor de maior porte dentro de um programa de cooperação internacional.

Motor L15

Em 2008, como forma de aumentar a participação da indústria, foi assinado um convênio entre o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) e a empresa Orbital para desenvolver um motor-foguete a propelente líquido de 15 kN de empuxo, denominado Motor L15, utilizando-se de etanol e oxigênio líquido pressurizados por gás inerte, e com câmara de empuxo tipo regenerativa, a fim de equipar um foguete de sondagem.

Nesse projeto, a empresa é responsável pela documentação de processos e pela fabricação de todos os componentes, os recursos financeiros são provenientes do Programa de Subvenção Econômica da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), obtidos pela Orbital.

Até o fim do corrente ano pretende-se concluir o projeto, com execução de ensaios em solo e com a entrega de toda documentação de projeto, além da fabricação do Modelo de Qualificação, liberando, assim, o motor para voo.

Motor L75

Para os motores L5 e L15, o sistema de alimentação de propelentes possui tanques com alta pressão, sendo esse sistema mais simples e de menor custo do que motores alimentados por turbobombas, por essa razão eles são muito usado em propulsores pequenos, com menores eficiências propulsiva e estrutural, pois sendo os tanques pressurizados, eles devem ter resistência estrutural, tornando-se mais pesados (SUTTON, 1986).

Entretanto, quando a missão exige elevados valores de impulso específico ou empuxo, faz-se necessário que os propelentes sejam injetados sob alta pressão, conseguida à custa de um conjunto de turbinas e bombas, o que leva à maior eficiência propulsiva (Figura 3). Os tanques de combustível e oxidante, por sua vez, podem ser mais leves, pois são submetidos a pressões internas mínimas, produzindo ganho de desempenho.

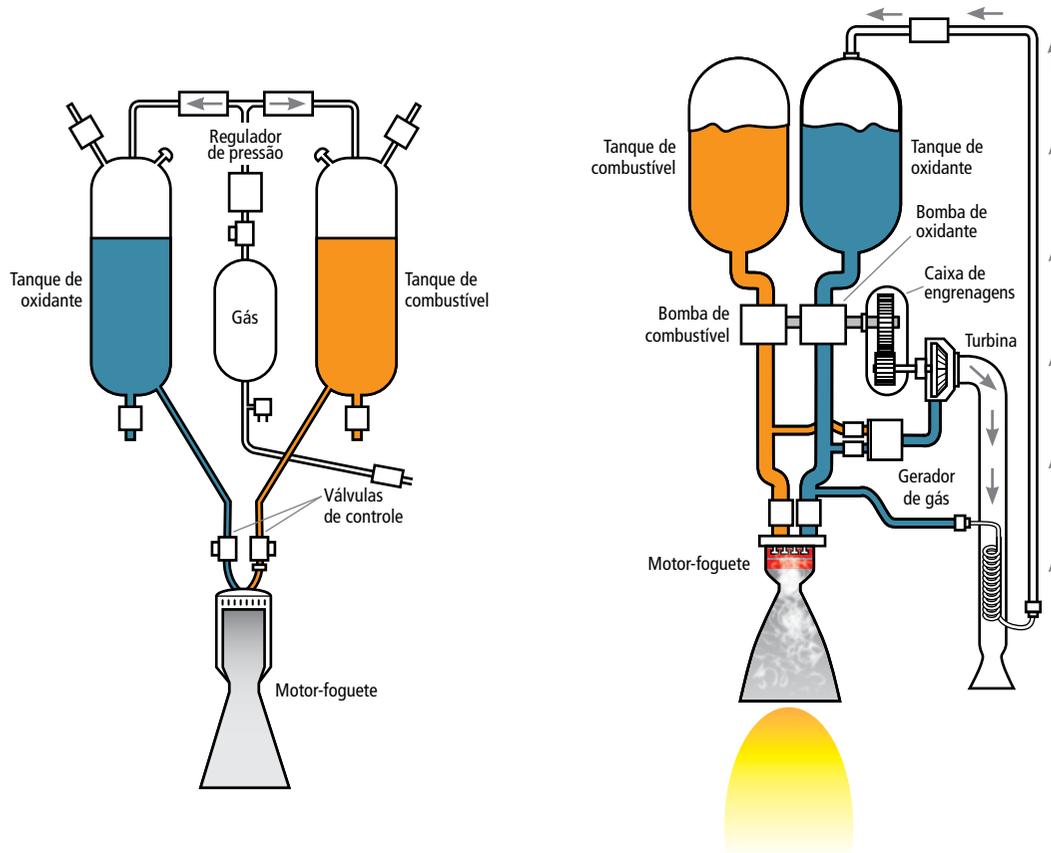


Figura 3 – Motor com sistema de alimentação pressurizado por gás e por turbobomba

Fonte: Santana Jr. (2004).

Pode-se afirmar que um dos “gargalos” tecnológicos para produção de propulsores líquidos de maior porte é o projeto de turbomáquinas ou turbobombas. Visando superar esse obstáculo, encontra-se em andamento o desenvolvimento de um motor-foguete a propelente líquido de 75 kN de empuxo, denominado Motor L75, utilizando querosene e oxigênio líquido pressurizados por turbobomba, com câmara de empuxo regenerativa, a fim de capacitar equipe para projetar, construir e testar motores dessa natureza.

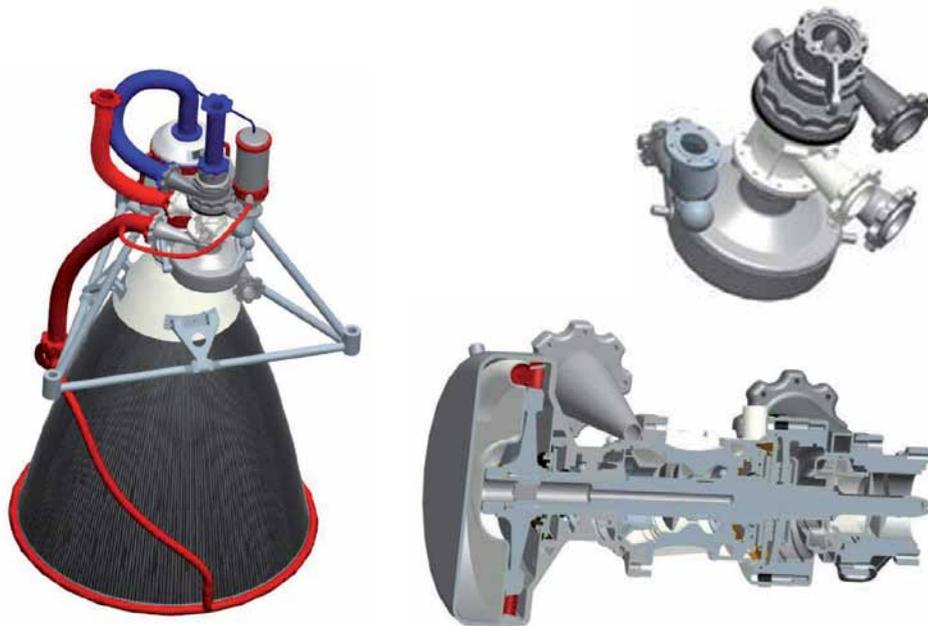


Figura 4 – Motor L75, com vista ampliada e em corte da turbobomba

Fonte: Instituto de Aeronáutica e Espaço, 2010.

O nível de empuxo do Motor L75 é o mais adequado para ser empregado em um veículo de três estágios, com a seguinte configuração: os 1º e 2º estágios compostos por propulsores sólidos (S43), idênticos aos do VLS-1, operando da mesma forma, e um terceiro estágio com propulsor líquido, em substituição aos 3º e 4º estágios do atual VLS (SANTANA JR., 2002).

Atualmente, estão concluídos os desenhos de fabricação da câmara de empuxo e outros componentes, e estão em andamento os desenhos de turbobomba. Prevê-se a participação da indústria nacional na fabricação, documentação de processos e qualificação dos principais componentes do Motor L75, i.e., câmara de empuxo, válvulas reguladoras e turbobomba. Caso haja alocação de recursos financeiros e de pessoal de maneira adequada, bem como os prazos apresentados pelas empresas sejam cumpridos, há expectativa de que os modelos de engenharia desses componentes, à época já qualificados segundo as normas internacionais, estejam disponíveis para integração e ensaios de componentes, ainda em 2013.

Veículo de Sondagem/SAMF

Para possibilitar o ensaio de Motores L5 ou L15, está em andamento o projeto de um foguete de sondagem (monoestágio ou biestágio), a fim de servir como objeto de testes da dinâmica do sistema propulsivo em voo e capacitar o IAE na operação de carregamento e lançamento de foguetes a propulsão líquida. A concepção, integração e lançamento do foguete são de responsabilidade do IAE. Entretanto, há participação da empresa Orbital no desenvolvimento do Sistema de Alimentação de Motor Foguete (Samf) para fornecimento dos tanques de propelentes, válvulas e reguladores que serão integrados e testados pelo IAE. A Orbital recebe recursos financeiros do Programa de Subvenção Econômica, possuindo cronograma próprio aprovado pela Finep, para o projeto, fabricação e aquisição de todos os componentes do Samf.

Banco de Provas de 400 kN

Atualmente, o IAE possui plena capacidade de realizar ensaios de motores pressurizados de até 20kN de empuxo, tais como os Motores L5 e L15, não havendo banco de provas similares na América do Sul. Entretanto, não há como ensaiar o Motor L75 no País, em razão do nível de empuxo, das altas vazões e das grandes quantidades de propelentes a ser armazenadas.

Com intuito de atender a futuros ensaios de motores de grande porte, foi assinado contrato com a empresa russa Niichimmash (NITs RKP) para desenvolver a concepção de um complexo de testes e a especificação técnica para projeto de bancos de testes para motores-foguete a propelente líquido de até 400 kN de empuxo e seus componentes, com simulação de altitude, usando querosene e oxigênio líquido. O contrato sofreu atraso em decorrência das restrições para exportação dos relatórios técnicos, impostas pelo órgão federal russo de controle de exportações, o que foi sanado após a ratificação do

Acordo Intergovernamental de Proteção Mútua de Tecnologia. Recentemente, a empresa informou haver enviado o relatório final desse contrato. Espera-se, assim, que essa última etapa sirva para iniciar o projeto básico e possibilitar a contratação de empresa nacional para construção desse Banco.

Desafio da tecnologia de propulsão líquida no Brasil

A atual versão do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE 2005-2014) apresenta como uma de suas diretrizes o desenvolvimento de veículos lançadores capazes de atender às diversas missões do programa de satélites brasileiros, incluindo pequenos e médios satélites em órbitas baixas (AEB, 2005). Atualmente o único projeto de lançador existente é o VLS-1, que está em sua fase final de desenvolvimento, para inserção de satélites de pequeno porte em órbitas de baixa altitude.

Estudos conduzidos pelo Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) mostraram que uma adaptação do VLS-1 seria insuficiente para atender às missões previstas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) para os próximos 22 anos, ou seja, lançar satélites de médio porte em órbitas baixas (SANTANA JR., 2004). Novos subsistemas deveriam ser desenvolvidos, principalmente propulsores, pois o atual veículo apresenta grandes limitações de desempenho, sem possibilidade de melhorias significativas. Essas limitações advêm dos seguintes fatos:

- a) todos os estágios do VLS-1 empregam propulsores sólidos, cujos desempenhos se encontram próximos aos limites físicos, determinados pelo baixo impulso específico, caso seja mantida a resistência estrutural do propelente, e pelo material dos envelopes-motores usados;
- b) a incorporação de *boosters* seria desaconselhável, pois isso aumentaria a aceleração inicial, redundando em grandes perdas aerodinâmicas após a decolagem, além de impor grandes esforços sobre as cargas-úteis submetidos à elevada aceleração final; e
- c) para inserção de satélites em órbitas quase equatoriais, o perfil de voo exige que o veículo faça manobras quando já está em grande velocidade, a fim de que o ponto de impacto do propulsor do terceiro estágio ocorra longe da costa da África, causando perdas de desempenho comparáveis à inserção de satélites em órbitas polares.

Na tentativa de achar uma solução de compromisso entre a tecnologia atual do VLS-1 e o emprego de tecnologias que atendam às reais necessidades do PNAE, o IAE conduziu alguns estudos com intuito de definir a estratégia de desenvolvimento e de capacitação. Esses estudos pressupunham algumas restrições e, principalmente, missões do veículo. Segundo Kaplan (1995), a definição da capacidade de carga-útil é a base da concepção de um foguete, pois ela dita a energia a ser embarcada e, por consequência, define o porte dos motores requeridos para cumprimento da missão.

Dificuldades da tecnologia de propulsores

No atual nível de desenvolvimento tecnológico do VLS-1, a evolução tanto na linha do sistema sólido como na do líquido implica novos investimentos. No primeiro caso, várias limitações, notadamente no que diz respeito à capacidade das instalações para teste e produção de propelente, bem como de envelopes motores de maior porte, exigem renovações amplas. No segundo caso, a ausência de experiências anteriores no assunto exige um programa extenso de capacitação, aliado à definição do parceiro detentor dessa tecnologia.

De forma geral, pode-se dizer que o sistema sólido envolve tecnologia de construção mais simples, menor dificuldade de operação, de estocagem e de lançamento, porém, o seu controle durante o funcionamento é muito limitado. O sistema líquido, por sua vez, permite variação no empuxo e no tempo de operação, acionamento e interrupção de funcionamento, porém, a tecnologia de fabricação, o projeto, o princípio de funcionamento e a operação são relativamente mais complexos (CZYSZ, 2006).

Para propulsores de médio ou grande porte, o sistema líquido apresenta nítidas vantagens em relação ao sistema sólido, principalmente no caso de veículos com porte para lançamento de satélites em órbita de transferência geostacionária.

Para os veículos lançadores, considerando-se a escolha do par de propelentes oxigênio líquido e querosene, graças às vantagens sobre os demais propelentes em uso atualmente, resta decidir sobre o tipo de tecnologia do propulsor líquido: com geradores de gás (ciclo aberto) ou com pré-combustores (ciclo fechado). Por fornecerem maior impulso específico, tendo como referência o estudo de configurações russas (MAI, 1996), fica evidente que uso de motores líquidos com ciclo fechado propiciam a diminui-

ção da massa do foguete, diminuição do número de estágios e cumprimento da missão com inserção direta. Entretanto, são considerados relativamente mais complexos em termos de projeto, fabricação e ensaios quando comparados com motores de ciclo aberto.

Problemas organizacionais

Sabe-se que para desenvolver, produzir e operar um produto de qualidade, uma organização deve estar dotada, minimamente, de três elementos fundamentais compondo um tripé de sustentação: processos técnico-gereciais consistentes e documentados, consolidando o conhecimento para execução do ciclo completo do projeto relacionado ao produto; recursos materiais adequados, compreendendo a infraestrutura e os meios necessários, por exemplo, para produção, teste, qualificação, certificação e operação do produto; e recursos humanos capacitados e em quantidade adequada para a demanda do empreendimento. Nesse contexto, um diagnóstico no segmento sistema de lançamento, especificamente, permite constatar que o terceiro elemento, recursos humanos, está muito aquém do necessário para manter o equilíbrio do tripé. Pode-se dizer, portanto, que não basta simplesmente aumentar o recurso orçamentário do setor sem que haja uma ampla reposição no quadro de pessoal que, por sua vez, deverá passar por um longo e demorado processo de capacitação.

Falta de unidade de comando

O Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (Sindae) foi concebido para organizar a execução das atividades espaciais e é resultado da congregação de várias instituições, as quais exercem papéis distintos. No que se refere à forma de gestão e integração dessas instituições, bem como ao funcionamento do Sistema como um todo, não há, aparentemente, nenhuma diretriz estabelecida em complementação ao decreto de sua criação. Na ausência de regras claras, certas práticas e situações, nem sempre alinhadas com os interesses do Sistema, passaram a fazer parte da sua rotina de funcionamento. Entre elas, pode-se citar, por exemplo:

- cada órgão setorial tem estabelecido, de forma independente, suas ações prioritárias, bem como as previsões orçamentárias correspondentes;
- a alocação de recursos tem sido efetuada sem avaliação das prioridades do sistema como um todo;
- não existe uma padronização no uso de normas e procedimentos técnico-gerenciais;
- não há esforço integrado na solução de problemas inerentes ao Sistema; e
- em suma, não há uma estrutura de comando centralizada, adequadamente dimensionada para organizar, integrar, direcionar, controlar e avaliar as ações do Sistema.

Entre os resultados gerados ou agravados, em consequência dessa situação, pode-se citar, por exemplo:

- a fragmentação de recursos orçamentários em ações secundárias ou até mesmo em ações não alinhadas com os interesses do Sistema, com conseqüente dispersão da força de trabalho;
- a fragilidade dos Processos Técnico-Gerenciais do Sistema, por falta de normas e procedimentos em comum, o que, por sua vez, dificulta as ações integradas entre as instituições participantes; e
- a conservação prolongada de um Sistema, sabidamente impraticável, por não haver um agente catalisador, interno ou externo, com poder suficientemente abrangente para promover as mudanças necessárias.

Falta de recursos humanos

O atual quadro de pessoal remanescente nas instituições participantes do Sindaé é sabidamente insuficiente para executar as ações do PNAE em um ritmo desejável. À luz da nova diretriz da Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2008b), da necessidade de assegurar a independência nacional, a ser

alcançada pela capacitação tecnológica autônoma, torna-se ainda mais patente que esse quadro remanescente está longe de atender à demanda de tecnologias estratégicas a serem dominadas.

A manutenção sistemática, por mais de uma década, dessa situação crônica e deficitária de recursos humanos, por sua vez, pode ter prejudicado até mesmo a consolidação e a preservação de processos tecnologicamente complexos. Para a restauração efetiva do tripé de sustentação, deve-se prever, portanto, além da reposição e capacitação de pessoal, recursos e tempo para eventual reavaliação de Processos Técnicos considerados críticos.

Deve-se observar ainda que o problema da carência de pessoal não só afeta os engenhos de voo, vetor de lançamento e carga útil, mas também os produtos e atividades de apoio em solo. Entre estes, aqueles considerados vitais à segurança e à missão de lançamento, especificamente, deveriam receber a mesma atenção dedicada aos engenhos de voo. Nesse contexto, pode-se dizer que os Centros de Lançamento do Sindaé, possivelmente por falta de volume e cadência regular de lançamento e carência sistemática no tripé de sustentação, não tiveram, até o momento, oportunidade de estruturar efetivamente os meios requeridos para lançamentos orbitais. As iniciativas recentes, de lançamentos comerciais utilizando foguetes ucranianos a partir do Centro de Lançamento de Alcântara, tendem a evidenciar ainda mais essas deficiências latentes.

Problemas administrativos

De forma geral, as regras impostas pela legislação aos órgãos da administração direta prejudicam a qualidade dos recursos humanos e materiais, referindo-se, principalmente, à necessidade de cumprimento de licitação (Lei nº 8.666) para objetos com grau de complexidade elevado e com exigência de alto nível de qualidade. Mesmo diante de modalidade de técnica e preço, a dificuldade de se especificar com precisão todos os requisitos complica demasiadamente o trabalho do solicitante. A inexigibilidade ou dispensa de licitação traz dificuldades com relação à argumentação jurídica, que requer profissionais especializados na área não disponíveis no IAE.

Visão estrangeira da situação do Brasil

O estudo realizado por empresa americana (FUTRON, 2009) sobre desempenho de diversos países na área espacial no ano de 2009, apresentou a visão estrangeira da situação da área espacial no País, classificando o Brasil em 10º lugar em termos de realizações em tecnologia espacial (Figura 5; no original, Figura 71). Talvez, mais importante do que a classificação seja a análise da situação ao longo de vários anos, tendo sido citadas a redução de orçamento, a dificuldade de execução orçamentária, a baixa realização de metas e a perda gradativa de recursos humanos.

Figure 71: Space Technology Achievement, Contribution to Space Technology Base Index Score

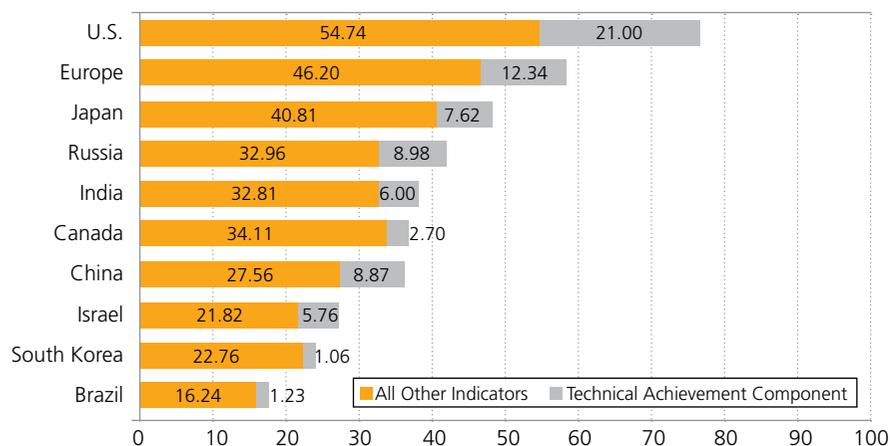


Figura 5 – Classificação de países sobre realizações em tecnologia espacial

Fonte: Futron, 2009.

A análise (SWOT) de potencialidades, fraquezas, oportunidades e ameaças, conforme Figura 6 (no original, Figura 13), apresenta alguns pontos analisados anteriormente neste artigo. Cita-se, por exemplo, que em relação aos Programas de Veículos Lançadores que: “o orçamento brasileiro não financia adequadamente esses Programas, sugerindo que muito deste planejamento está apenas no papel” (tradução do autor).

Figure 13: SWOT Analysis of Brazil's Space Competitiveness

	Helpful	Harmful
Internal Origin	<p>STRENGTH</p> <ul style="list-style-type: none"> • Longstanding space program • Strong aerospace program • Strong and dynamic telecommunications and satellite communications operators • History of ISS participation • Multiple International relationships • Recent military space strategy document 	<p>WEAKNESS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relatively small and declining space budget • History of technical problems surrounding indigenous launch vehicle and satellites • Severely limited military space program and organization • Limited human capital resources • Few commercial space actors and recent declines in aerospace manufacturing
External Origin	<p>OPPORTUNITY</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bulding on relationship with China and CBERS program • Better utilization of the Alcântara spaceport • Potential regional leadrship of Earth observation services buinding on CBERS 	<p>THREAT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Continued decline in space competitiveness • Lack of program scale • Emigration of human capital resources

Figura 6 – Análise SWOT do Brasil realizado por empresa americana

Fonte: Futron, 2009.

Proposta para superação dos óbices

Por meio do diagnóstico apresentado, pode-se afirmar que os problemas existentes são, na sua maioria, de natureza organizacional, não relacionados com obstáculos técnicos ou dificuldades tecnológicas.

1. Recursos humanos: é o elemento a ser restaurado e capacitado prioritariamente em todas as frentes de trabalho consideradas vitais para a efetivação e o sucesso das atividades do Sindae. Por intermédio do Comaer, existe, na forma latente, uma possível solução parcial para o problema de pessoal, ao gerir um quadro de estudantes da área aeroespacial, treinados durante cinco anos com custeio total das despesas, no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Não deixa de ser oportuno reavaliar as legislações pertinentes, não só voltadas para admissão desses alunos, mas também dos alunos oriundos de outras instituições nacionais de ensino. Para tanto, faz-se necessária a criação de plano de carreira atrativo, incluindo os aspectos remuneratórios. A indústria nacional deverá utilizar, sempre que possível, a flexibilidade de suas regras de contratação, para viabilizar a fixação no País de especialistas recém-formados na área espacial.

2. Para a restauração efetiva do tripé de sustentação do Sistema, devem-se prever, além da reposição e capacitação de recursos humanos, recursos e tempo para eventual restauração de processos técnicos críticos desenvolvidos no passado.

3. O Sindae necessita de uma estrutura de comando centralizada, adequadamente dimensionada para organizar, integrar, direcionar, controlar e avaliar as suas ações.

4. Proposta de modificações na Lei nº 8.666 e legislação complementar, possibilitando regime jurídico e econômico especial para compras de produtos de defesa de empresas nacionais.

Sabe-se que para a defesa nacional a END (BRASIL, 2008b) elegeu três setores estratégicos – o espacial, o cibernético e o nuclear –, e propôs medidas que alteram profundamente as práticas e estruturas consolidadas no setor espacial. A adoção dessas medidas inéditas e privilegiadas para reorganização da defesa e, por conseguinte, do setor espacial, já resolveria muitos dos problemas apontados. Entre as medidas, consta, por exemplo, que:

- O Ministério da Defesa, em coordenação com o Ministério da Ciência e Tecnologia, atualizará a Política de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Defesa Nacional e os instrumentos normativos decorrentes. Para atender aos objetivos dessa Política, deverá ocorrer a adequação das estruturas organizacionais existentes e que atuam na área de Ciência e Tecnologia da Defesa.
- O Ministério da Defesa e o Ministério da Ciência e Tecnologia, por intermédio do Instituto de Aeronáutica e Espaço do Comando da Aeronáutica e da Agência Espacial Brasileira, promoverão medidas com vistas a garantir a autonomia de produção, lançamento, operação e reposição de sistemas espaciais, por meio do desenvolvimento de veículos lançadores de satélites e sistemas de solo para garantir acesso ao espaço em órbitas baixa e geoestacionária.
- O Ministério da Defesa, em coordenação com os Ministérios da Fazenda, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, do Planejamento, Orçamento e Gestão, e da Ciência e Tecnologia e com as Forças Armadas, deverá estabelecer ato legal que garanta a alocação, de forma continuada, de recursos financeiros específicos que viabilizem o desenvolvimento integrado e a conclusão de projetos relacionados à defesa nacional (...).
- Estabelecer-se-á, para a indústria nacional de material de defesa, regime legal, regulatório e tributário especial." "Tal regime resguardará as empresas privadas de material de defesa das pressões do imediatismo mercantil ao eximi-las do regime geral de licitações; as protegerá contra o risco dos contingenciamentos orçamentários e assegurará a continuidade nas compras públicas.

Essas medidas, juntamente com outras medidas específicas da END, refletem, basicamente, a maior parte dos anseios da comunidade do setor espacial. Assim, discutir o futuro da Política Espacial Brasileira nessa circunstância não é uma tarefa trivial, visto que a validade de uma opinião emitida sem o conhecimento prévio das mudanças previstas (ou em andamento) tende a ser bastante limitada. No entanto, sabendo-se que a END, no que se refere às medidas do setor espacial, ratifica o envolvimento da mesma congregação de instituições e estrutura funcional do atual Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (Sindae), considerações sobre dificuldades ou dúvidas passadas, relacionadas ao Sistema, podem, eventualmente, ser de valia para se evitar problemas similares no futuro.

Visão de cenário no horizonte 2022

Diante do levantamento sobre o processo de assimilação da tecnologia de sistema líquido em outros países (NIWA, 1995), visando à formulação de um programa de capacitação objetiva e realística para o caso brasileiro, foram analisadas as experiências vividas por China, Japão e Índia, países que incorporaram o sistema líquido em épocas relativamente recentes.

Uma característica importante, comum a todos os países pesquisados, é que um parceiro estrangeiro sempre esteve presente na fase inicial de utilização de sistema líquido, indicando que nessa fase existem obstáculos (dificuldades técnicas, longo tempo requerido para pesquisas básicas, risco de insucesso etc.) que justificam um investimento em parceria. Constatou-se, também, que a experiência passada da Índia é a que melhor retrata o caso brasileiro em vários aspectos, técnicos e econômicos. Como conclusão global, reforçou-se a ideia da necessidade de uma parceria internacional, e que o processo de assimilação deveria ser gradativo, envolvendo, inicialmente, motores de pequeno a médio porte.

Assim sendo, como alternativa, apresenta-se a estratégia de evolução progressiva do VLS-1 atual, com a incorporação de estágios a propelentes líquidos e futuras combinações de estágios líquidos e sólidos com evolução progressiva do envelope de lançamento em termos de massa satelitizável e incremento de velocidade. Esta alternativa espelha-se de certa forma na trajetória do programa indiano. Segundo essa estratégia, cada veículo intermediário atenderia uma faixa no envelope de missões, viabilizando e demonstrando condições para prosseguir para etapa seguinte.

Tal estratégia pressupõe que haja um número crescente de missões envolvendo satélites de pequeno e médio porte lançados por veículos dedicados. As principais vantagens nesse caminho são os sucessos intermediários que serviriam para motivar as equipes, permitiriam eventuais correções no programa, muito frequentes em projetos de longo prazo, bem como exigiriam recursos humanos e financeiros de forma gradativa.

Uma possibilidade de aumentar significativamente a carga-útil do VLS-1 é por meio da substituição dos propulsores sólidos dos estágios superiores por motores a propelente líquido. Nesse sentido, várias configurações surgiram dentro do IAE e outras foram propostas por diversos países (França, Rússia, EUA e Ucrânia), todas elas com o emprego de propulsores líquidos. Como esses motores líquidos possuem diferentes parâmetros propulsivos e tecnologias, a análise comparativa torna-se complexa, dificultando a decisão sobre a configuração dos sucessores do VLS-1.

Em 2004, todas essas propostas (SANTANA JR., 2004) foram analisadas em relação ao atendimento dos requisitos de missão e aos critérios de concepção estabelecidos, resultando na escolha de apenas quatro delas, as quais foram então priorizadas, segundo uma árvore de decisões, e, posteriormente, foi selecionada a proposta mais adequada segundo critérios preestabelecidos.

Após a análise dessas configurações, novos estudos e análises foram feitos no sentido de identificar veículos lançadores que possam atender tanto às missões previstas pelo Inpe, descritas no Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE 2005-2014), quanto aos objetivos estratégicos definidos no END (BRASIL, 2008b). Portanto, a nova família de lançadores de satélites deve tornar o Brasil capaz de transportar cargas úteis de maior porte a órbitas terrestres, incluindo as de transferência geoestacionária (GTO), com previsão até 2022, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Missões previstas pelo Inpe, em resposta à Carta AD nº 05/IAE/2008

Missão/Satélite	Previsão de lançamento	Altitude da órbita (km)	Tipo de órbita/ inclinação	Massa do satélite (kg)	Critério Kaplan 120% da massa do satélite (kg)
LATTES-1	2012	650	Equatorial	450	540
LATTES-2	2017	650	Equatorial	450	540
AMAZÔNIA-1	2011	780	Heliossínc	500	600
AMAZÔNIA-2	2016	780	Heliossínc	500	600
MAPSAR	2013	610	Heliossínc	600	720
GPM	2014	600	30°	500	600
CBERS 3	2010	780	Heliossínc	2000	2400
CBERS 4	2013	780	Heliossínc	2000	2400
SABIA/mar	2012	800	Heliossínc	1200	1340

Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008.

Missões do Pnae e da END

O Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE 2005-2014) e a Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2008b) definiram as missões em andamento e as previstas, ainda na fase de estudo, descritas a seguir.

- CBERS 2B: Continuação do programa *China-Brazil Earth Resources Satellite* (CBERS) de satélites de sensoriamento remoto desenvolvidos entre o Brasil e a China, com a missão de imageamento da Terra e possuindo características semelhantes ao CBERS 2.
- CBERS 3/4: Seguindo os passos de seus antecessores e ainda sob o mesmo programa de trabalho com a China, a partir da assinatura de novo Protocolo de Cooperação, faz parte de uma nova fase no programa CBERS.
- Satélite Geostacionário Brasileiro (SGB): Esta missão compreende um satélite para aplicações voltadas para as comunicações estratégicas do governo e o atendimento dos compromissos internacionais do País com relação ao controle de tráfego aéreo. Além disso, o satélite deve atender à demanda de serviços de telecomunicação para projetos nas áreas de saúde, educação, defesa e serviços públicos, e ainda possíveis empregos no domínio da meteorologia.
- EQUARS: Apresenta-se como um programa de satélite científico (Equatorial Atmosphere Research Satellite). Sua missão é realizar o monitoramento global da baixa, média e alta atmosfera e a ionosfera na região equatorial.
- MIRAX: Configura-se como um programa de satélite científico (Monitor e Imageador de Raios X). A missão do MIRAX consiste em observar um determinado número de galáxias de maneira simultânea e quase contínua, com alta resolução angular para a faixa de raios X duros (10 a 200 keV).
- SSR1: Constitui-se de uma série de dois satélites de sensoriamento remoto. As aplicações estariam relacionadas, em geral, com o monitoramento de áreas para fins agrícolas ou de controle de desflorestamento, enchentes, desertificação, queimadas, atividades de mineração etc.

- RADAR: Este satélite de sensoriamento remoto tem como objetivo a colocação em órbita de um imageador radar, complementando assim os imageadores óticos na observação do território nacional.
- SatMet (Satélite de Monitoramento Global da Precipitação): Constitui-se em um satélite de sensoriamento remoto cujo objetivo principal é a inferência da precipitação e do perfil de umidade da atmosfera, por meio de radiômetros de microondas, e da atividade elétrica das nuvens, por meio de uma câmera CCD.
- SARA: Trata-se de uma plataforma orbital recuperável, composta de um veículo espacial propulsado e uma carga útil científica ou tecnológica para condução de experimentos de microgravidade. O veículo deve ser capaz de retomar a Terra após cumprir sua missão orbital, sofrer uma manutenção, em sua estrutura e equipamentos, e ser reutilizado em uma nova missão.
- Micro Satélite Universitário: Consiste em um satélite tecnológico projetado em conjunto com universidades.
- Monitor de Clima Espacial (MCE): Satélite científico destinado ao monitoramento da magnetosfera. Deve ser um desenvolvimento conjunto entre empresas brasileiras e russas, com a possibilidade de ser lançado como carona em algum lançamento de satélites pelos russos.

Nova família de veículos lançadores de satélites

A família de veículos lançadores é composta por cinco veículos denominados segundo as estrelas do Cruzeiro do Sul: VLS ALFA, VLS BETA, VLS GAMA, VLS DELTA e VLS EPSILON (IAE, 2005), conforme Figura 5. A meta final do programa é o desenvolvimento de um veículo lançador capaz de colocar em órbita de transferência geostacionária (GTO) satélites do porte do Satélite Geoestacionário Brasileiro (SGB) até 2022. O programa assume como ponto fundamental de seu desenvolvimento o alcance gradativo dos objetivos intermediários, de maneira que um desenvolvimento realizado com sucesso sirva de base para desenvolvimentos posteriores, reduzindo o escopo das tarefas de engenharia necessárias, eliminando riscos tecnológicos oriundos da introdução simultânea de muitos sistemas novos e oferecendo um caminho de desenvolvimento tecnológico mais compatível com a dotação orçamentária prevista para a área. Para tanto, o programa pressupõe a participação de um parceiro internacional com experiência na área (IAE, 2005).

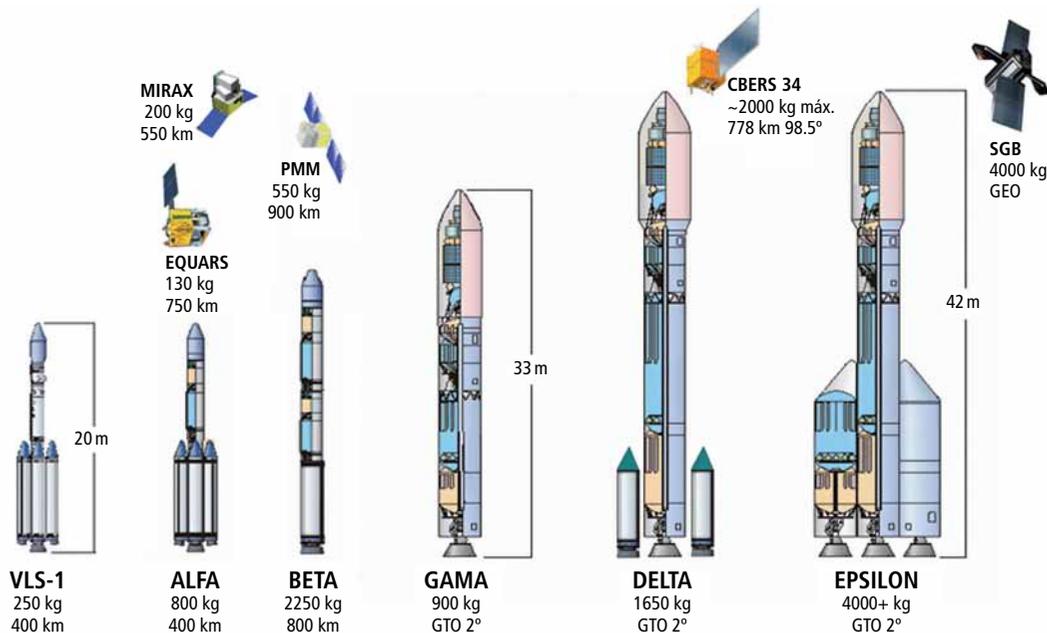


Figura 7 – VLS-1 e a família de Veículos Lançadores de Satélites do Programa Cruzeiro do Sul

Fonte: Instituto de Aeronáutica e Espaço, 2005.

Para consecução desse programa faz-se necessário o desenvolvimento de três novos propulsores, na seguinte forma:

- um propulsor a propelente líquido (oxigênio líquido/querosene) de 75 kN de empuxo (Motor L75), para estágio superior de todos os veículos, e a combinação de quatro desses motores em um propulsor de 300 kN de empuxo para uso em estágios intermediários;
- um propulsor a propelente líquido (oxigênio líquido/querosene) de 1500 kN de empuxo (Motor L1500) para 1º estágio dos veículos VLS-Gama, VLS-Delta e VLS-Epsilon; e
- um propulsor a propelente sólido com 46 t de propelente (Motor P40), para 1º estágio do VLS-Beta e *boosters* no VLS-Delta.

Muito embora não esteja incluído na nova família de lançadores, a conclusão com sucesso do projeto VLS-1, que vem sendo objeto dos esforços de uma geração de pesquisadores do CTA, será marco importante para o início do Programa Cruzeiro do Sul.

Em primeiro lugar, várias tecnologias que serão qualificadas com o primeiro voo com sucesso do VLS-1 vão ser utilizadas nos veículos subsequentes, entre elas as tecnologias de controle e de abertura da coifa principal.

Em segundo lugar, os veículos iniciais do Programa Cruzeiro do Sul utilizarão toda a parte baixa do VLS-1, desenvolvida e qualificada ao fim do primeiro voo com sucesso do lançador. Essa parte baixa, composta por cinco motores S-43 em configuração *cluster*, será denominada Módulo Básico de Lançamento (MBL), sendo objeto de um programa de certificação e transferência de tecnologia para que se tenha a gestão de sua produção inteiramente repassada para o segmento industrial brasileiro. Dessa maneira, o MBL poderá ser comercializado separadamente, até no mercado internacional, com ganhos em termos de redução do ciclo de fabricação do produto e aumento da qualidade. O MBL poderá ser comercializado em duas versões, a A1, compreendendo o mecanismo de separação entre os motores em *cluster* e o motor central; e a A2, em que os cinco motores S-43 funcionarão de maneira praticamente simultânea (com pequeno retardo do início de queima do motor central). Dessa maneira, a Versão A1 do MBL compreenderá dois estágios, com vantagens de desempenho, enquanto a Versão A2 do MBL será composta por apenas um estágio, com vantagens em termos de simplicidade e contabilidade.

Por fim, o lançamento com sucesso do VLS-1 permitirá que os recursos humanos disponíveis no IAE permaneçam motivados e sejam desonerados das atividades de desenvolvimento desse veículo, podendo se dedicar ao Programa Cruzeiro do Sul, principalmente no que se refere ao projeto de novos propulsores sólidos. Entretanto, para a propulsão líquida é imprescindível a contratação de novos servidores em número suficiente para que a haja sucesso na estratégia de relacionamento com o parceiro estrangeiro, permitindo a almejada transferência de conhecimentos nas áreas de interesse por meio da realização de cursos de especialização, mestrado e doutorado; do incentivo à participação conjunta no projeto de sistemas e subsistemas; e da organização da vinda de pesquisadores e especialistas estrangeiros para contribuir *in loco* com o progresso do programa.

Requisitos para desenvolvimento de Veículos Lançadores de Satélites

O cenário necessário para o desenvolvimento do Programa Cruzeiro do Sul pressupõe:

- Cooperação científica e tecnológica entre o Brasil e um país com competência na área espacial, especialmente no desenvolvimento da tecnologia de propulsão líquida.
- Existência de recursos financeiros suficientes para o programa, tanto em termos de montante como em termos de continuidade e fluxo de investimento; os investimentos necessários foram estimado em aproximadamente US\$ 750 milhões (valores de 2005).
- Existência de recursos de infraestrutura e de apoio fornecidos pelo Ministério da Defesa suficientes e condizentes com o caráter estratégico do programa.
- Acesso a materiais e itens importados para áreas específicas do programa, nas quais o País não tenha interesse ou capacidade atual para desenvolver, ou para as quais o tempo de desenvolvimento seja incompatível com a duração do projeto.
- Existência de recursos humanos qualificados e experientes, suficientes para realizar os trabalhos previstos, com capacidade para conceber, desenvolver, gerenciar, operar, testar e realizar tarefas específicas.

- Transferência de projetos qualificados e certificados, no seu ciclo completo, incluindo a produção e a prestação de serviço de lançamento, às empresas privadas.
- Alteração da estrutura administrativa do instituto e desenvolvimento de capacidade gerencial que possibilitem controle adequado do fluxo das complexas tarefas relacionadas ao programa.
- Não ocorrência de um desenvolvimento tecnológico de ruptura no mercado internacional que apresente boas relações entre desempenho e custo.

Referências bibliográficas

AEB. Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), 2005-20014. Brasília-DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, Agência Espacial Brasileira, 2005.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial. Plano Estratégico de Pesquisa e Desenvolvimento 2008-2018: DCA 80-2. Brasília, DF, 2007a.

_____. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2008-2023: PCA 11-47. Brasília, DF, 2008a.

_____. Ministério da Defesa. Estratégia Nacional de Defesa: EM Interministerial n. 0437/MD/SAE-PR. Brasília, DF, 2008b.

CZYSZ, P. A.; BRUNO, C. Future Spacecraft Propulsion Systems. 1. ed. Chichester: Praxis Publishing, 2006.

FUTRON. Futron's 2009 Space Competitiveness Index (SCI). A Comparative Analysis of How Countries Invest in and Benefit from Space Industry. Bethesda, Maryland: 2009.

IAE. Cahier des Charges Fonctionnel of the Development of a Small Satellite Launcher. São José dos Campos: Relatório Técnico, n. 001/GER-V/99,1999.

_____. Programa Cruzeiro do Sul. Relatório Executivo Sumário. Grupo de Trabalho VLS-2010. Relatório Técnico n. ASE-RT-017-2005. São José dos Campos: CTA/IAE, 2005.

KAPLAN, M.H. Launch Vehicle System Design and Engineering. In: A Three Day Presentation Focused on Current Developments in the Launch Vehicle Industry. São José dos Campos, 1995.

MAI. Preliminary Analysis of VLS-2 Launch Vehicle. Agreement of Supply n. 012-CTA/C-96. Moscow: Moscow Aviation Institute, 1996.

NIWA, Mario. Seleção de propelentes nacionais. Relatório Técnico (RT 081/ASE-P/94). São José dos Campos: CTA/IAE, 1994a.

_____. Mario. Programa de capacitação em propulsão líquida. Relatório Técnico (RT 086/ASE-P/94). São José dos Campos: CTA/IAE, 1994b.

_____. Mario. Propulsão Líquida no Brasil e no exterior: um paralelo. Relatório técnico. São José dos Campos: Centro Técnico Aeroespacial, 1995.

SANTANA JR., A. Capacitação em tecnologia de propulsão líquida. Relatório Técnico (RT 011/ASE/03). São José dos Campos: CTA/IAE, 2003.

_____. Compilação de Propostas existentes no IAE para Futuros Veículos Lançadores de Satélites. Relatório n. RT 016/ASE/2004-R. São José dos Campos: IAE, 2004.

_____. Especificação Preliminar do Motor L5. Relatório Técnico n. RT 012/ASE/2003. São José dos Campos: IAE, 2005.

_____. Simulação de Trajetória para Análise Preliminar de Viabilidade do Veículo VLS-RD58. Relatório Técnico n. RT 100/ASE-P/2002. São José dos Campos: IAE, 2002.

_____. VLS-2 - Uma Proposta de Configuração. Monografia. Rio de Janeiro: UNIFA, EAOAR 1/99, 1999.

SIKHAROULIDZE, Y. et al. Ballistic Analysis of VLS-1. Modification by the Use of Liquid-Propellant Rocket Engine. Relatório Técnico n. RT 007/ASE/01. São José dos Campos: IAE, 2001.

SUTTON, G. P. An Introduction to Rocket Propulsion. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1986. 334p.

UM NOVO RUMO PARA A ACELERAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULOS LANÇADORES DE MÉDIO E GRANDE PORTE NO BRASIL

*Mario Niwa**

Resumo

A tecnologia de propulsão líquida já tem um aval praticamente consensual da comunidade espacial quanto à sua relevância para o avanço subsequente do Programa Espacial Brasileiro. Muito embora os estudos de transição da tecnologia sólida para a líquida tenham sido desencadeados há mais de uma década e meia no IAE, inclusive com participação pioneira do autor deste artigo, o ritmo de avanço tem sido extremamente lento e os resultados alcançados permanecem muito aquém daqueles que se previam originalmente. Nesse cenário de dúvidas quanto ao futuro, o advento do fórum e-democracia da Câmara dos Deputados, para discutir o futuro da política espacial brasileira, a divulgação da Estratégia Nacional de Defesa ao público geral e a criação do programa “Encontros da SAE”, da Secretaria de Assuntos Estratégicos, para estudar e debater os componentes primários do Programa Espacial Brasileiro, propiciaram um ambiente ímpar para reflexão e identificação de possíveis obstáculos não só relativos à propulsão líquida, mas também ao avanço do Programa Espacial como um todo. As publicações advindas dessas iniciativas, acrescidas da vivência acumulada nesse meio, serviram de base para um diagnóstico, de cunho estritamente pessoal, na sistemática de execução de projeto no Sindae, no segmento de veículos lançadores. O objetivo do presente artigo é apresentar o resultado desse diagnóstico, incluindo a identificação de possíveis origens, de diversos problemas crônicos, alguns deles já de amplo conhecimento da comunidade espacial, bem como apontar, com base no diagnóstico realizado, soluções para alcançar os propósitos pretendidos pelo País.

Palavras-chave: propulsão líquida, propulsão sólida, veículo lançador de satélites, Programa Espacial Brasileiro.

* Graduado em Engenharia Mecânica-Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), possui mestrado e doutorado na área de combustão e propulsão pela Universidade de Tóquio. Coordenou a nucleação pioneira do grupo de especialistas brasileiros e a implantação de infraestrutura para teste e desenvolvimento de motor foguete a propelente líquido e seus componentes. Atua na área de regulamentação espacial e na coordenação da implantação de sistemas de certificação e avaliação da conformidade de produtos espaciais, focando principalmente vetores de lançamento e sistemas de apoio.

Introdução

Atualmente, não há dúvidas quanto à relevância da tecnologia de propulsão líquida para programa espacial de um país com pretensão de operar veículo lançador de satélites de médio e grande porte. O Brasil, seguindo essa tendência e em conformidade com as diretrizes do Programa Nacional de Atividades Espaciais (Pnae) (AEB, 2005), tem executado pesquisa e desenvolvimento tecnológico em propulsão líquida, no IAE, desde 1994 (NIWA, 1994a; 1994b; 1995. SANTANA JR., 2002; 2003; 2004; 2005).

Esse período de mais de uma década de dedicação tem sido centrado primariamente na capacitação, por meio de uma sequência de desenvolvimento de motores com grau crescente de dificuldade. Essa participação tem sido também extremamente profícua para o aguçamento da percepção acerca das dificuldades e dos problemas gerenciais e organizacionais associados à execução.

Uma primeira oportunidade de debate aberto, trazendo à tona essas dificuldades e problemas, foi criada com o advento do fórum e-democracia, da Câmara dos Deputados, para discutir o futuro da política espacial brasileira. Como contribuição à iniciativa, este autor teve a oportunidade de expor suas considerações sobre o desempenho passado do Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (Sindae) (BRASIL, 2010), bem como sugerir soluções de melhoria, tomando como referência as diretrizes da Estratégia Nacional de Defesa (END) (BRASIL, 2008).

Essas considerações sobre o Sindae estão reproduzidas parcialmente nos Apêndices A e B, com algumas adaptações pertinentes, com o propósito de facilitar a continuidade das discussões, agora focadas na sistemática de execução de projetos no segmento de veículos lançadores. Cabe observar que, na atual sistemática, a efetivação de novos projetos de veículos lançadores, com inclusão da tecnologia de propulsão líquida, depende do êxito desse segmento, atualmente centrado no VLS-1.

Conforme foi também comentado no Apêndice A, sabe-se que o ritmo de andamento do projeto VLS-1 não tem sido satisfatório. As prováveis razões contribuintes para esse baixo desempenho são amplamente conhecidas e incluem, entre outros fatores, a falta de reposição de recursos humanos, a falta de regularidade na alocação de recurso orçamentário e o embargo exercido por países desenvolvidos. Além desses fatores, a vivência prática tem permitido detectar outros possíveis problemas na sistemática de execução de projeto, que também podem estar influenciando negativamente no seu andamento.

O objetivo deste trabalho é apontar e discutir esses problemas diagnosticados, referenciando, quando pertinente, as considerações constantes dos Apêndices A e B, bem como formular propostas de solução abrangendo o projeto VLS-1 e outros projetos subsequentes, levando em conta as prioridades da END para a área espacial.

Para o cumprimento desse propósito, um histórico da evolução dos projetos de veículos lançadores será apresentado inicialmente. Em seguida, com base nesse histórico, a forma vigente de execução/evolução dos projetos será caracterizada e discutida, para apontar possíveis pontos de melhoria. Finalmente, para a formulação de sugestões, as prioridades da END serão derivadas e devidamente categorizadas, para viabilizar o encaminhamento de propostas integradas de melhoria para o futuro.

Histórico da evolução dos veículos lançadores

Sabe-se que, desde 1961, o então Ministério da Aeronáutica passou a dedicar a sua atenção para a área espacial. As primeiras iniciativas foram para o desenvolvimento de pequenos foguetes com destinação a sondagens meteorológicas para a Força Aérea. Em 1963, foi criado um grupo que mais tarde, em 1966, tornou-se o Grupo Executivo e de Trabalhos e Estudos de Projetos Especiais (Getepe), vinculado ao Estado-Maior da Aeronáutica (Emaer), concretizando, assim, a intenção do Ministério da Aeronáutica de se dedicar às pesquisas espaciais. Os foguetes da série Sonda, desenvolvidos a partir dessa época, serviram de base para o desenvolvimento de veículo de maior porte, com aperfeiçoamento crescente da tecnologia, até a concepção do atual VLS-1.

Como próximo passo, vislumbra-se a possibilidade de aumentar a carga útil do VLS-1 por meio de modificação parcial do veículo, com a substituição dos propulsores sólidos dos estágios superiores por propulsores líquidos. Nesse sentido, várias propostas surgiram dentro do IAE e outras foram apresentadas por diferentes países, entre eles, a França, a Rússia, os EUA e a Ucrânia, todas com emprego de propulsores líquidos. Entre os diversos estudos realizados, aquele mais recente e abrangente encontra-se resumido a seguir.

Nova família de veículos lançadores de satélites

De acordo com esse estudo, a família de veículos lançadores é composta por cinco veículos denominados segundo as estrelas do Cruzeiro do Sul: VLS Alfa, VLS Beta, VLS Gama, VLS Delta e VLS Épsilon (IAE, 2005), conforme mostra a Figura 1. A meta final do programa é o desenvolvimento de um veículo lançador capaz de colocar em órbita, de transferência geoestacionária, satélites do porte do Satélite Geoestacionário Brasileiro (SGB) até 2022.

O programa assume como ponto fundamental de seu desenvolvimento o alcance gradativo dos objetivos intermediários, de maneira que um desenvolvimento realizado com sucesso sirva de base para desenvolvimentos posteriores, reduzindo o escopo das tarefas de engenharia necessárias, eliminando riscos tecnológicos oriundos da introdução simultânea de muitos sistemas novos e oferecendo um caminho de desenvolvimento tecnológico mais compatível com a dotação orçamentária prevista para a área (IAE, 2005).

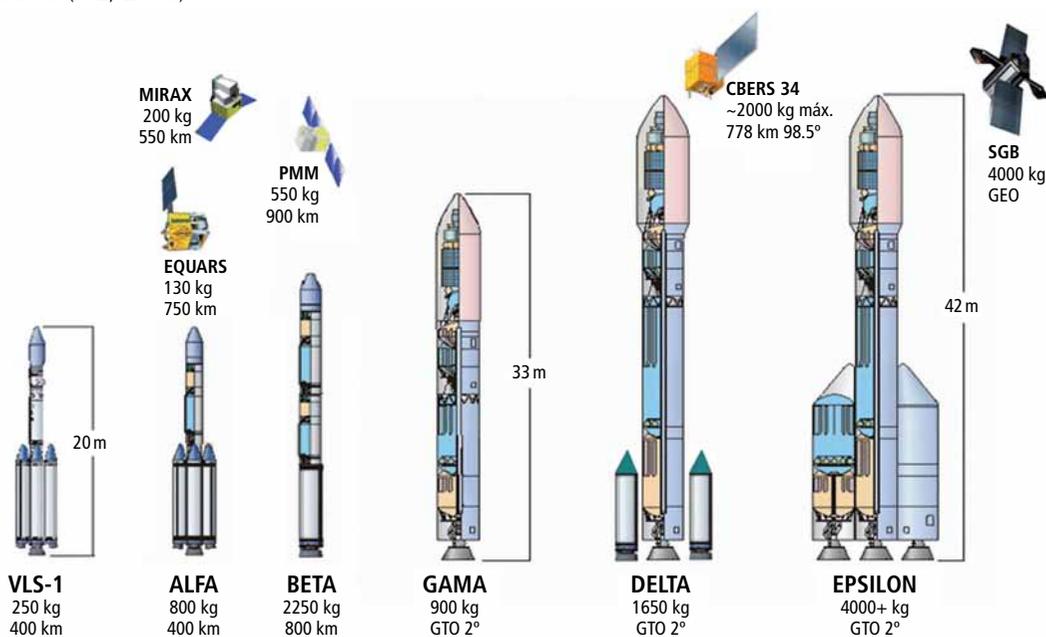


Figura 1 – VLS-1 e a família de veículos lançadores de satélites do Programa Cruzeiro do Sul

Fonte: Instituto de Aeronáutica e Espaço, 2005.

De acordo com o modelo de evolução previsto, a conclusão com sucesso do projeto VLS-1, que vem sendo objeto de esforços por mais de duas décadas, será um marco importante para o início do Programa Cruzeiro do Sul. Ou seja, o lançamento com sucesso do VLS-1 permitirá que os recursos humanos disponíveis sejam desonerados das atividades de desenvolvimento desse veículo, podendo dedicar-se ao Programa Cruzeiro do Sul.

Caracterização da sistemática de execução de projetos

O histórico sobre a evolução dos veículos lançadores a propelente sólido e as previsões de novos desenvolvimentos com inclusão da propulsão líquida, apresentados nas seções anteriores, retratam a característica do modelo que tem sido cultivado tradicionalmente no IAE: sistematização da evolução dos projetos em cadência de complexidade crescente, fortemente vinculada à capacitação nacional.

Trata-se de um modelo já consolidado sob o suporte do Pnae, que contou inclusive com participação direta deste autor, na fase inicial da propulsão líquida no IAE (NIWA, 1994b). Pode-se constatar, inclusive, que a nova END não só corrobora, mas também determina a manutenção desse modelo ao requerer, por exemplo, a disponibilidade de um vetor espacial sob integral domínio nacional, compreendendo a capacidade para sua fabricação (BRASIL, 2008).

No entanto, o resultado da derivação das prioridades da END, apresentado no Apêndice B, aponta para uma possível alternativa, distinta do modelo tradicional atual. A análise apresentada na sequência leva em conta essa nova possibilidade, juntamente com as constatações levantadas no ambiente de execução.

Uma visão crítica do modelo tradicional e da cultura organizacional vigentes

Ao realizar uma reflexão sobre o desempenho desse modelo nessas últimas décadas, tomando como base principalmente as constatações colhidas nas rotinas de execução ou coordenação de projetos, pode-se inferir que o modelo propiciou a consolidação de uma cultura organizacional rígida, de pouca flexibilidade às mudanças.

Não se pode descartar a influência da falta crônica de recursos humanos, apontada no diagnóstico contido no Apêndice A, sobre a não efetivação das mudanças necessárias. No entanto, prevalece a percepção de que esse fator de influência não tem sido determinante.

Como resultado dessa decisão rígida em trilhar o modelo em detrimento de outros requisitos, eventualmente relevantes, problemas decorrentes tendem a emergir ao longo do ciclo de vida dos projetos. Alguns desses exemplos de problema estão descritos na sequência.

Necessidade de melhor preparo para o sucesso

Entre os produtos gerados a partir desse modelo, pode-se citar o foguete de sondagem VSB-30, um recente projeto de sucesso do IAE. Sabe-se que o referido projeto, nessa fase atual de maturidade apta à produção seriada, tem trazido à tona diversos aspectos, técnico, gerencial e organizacional, requerendo melhorias, extensíveis também a outros projetos similares. Pode-se citar, como exemplo, as necessidades de:

- instruções e procedimentos claros quanto à destinação de projetos qualificados e certificados à iniciativa privada, para desonerar o IAE da demanda de produtos em escala seriada;
- eliminar a verticalização dos processos, principalmente daqueles considerados críticos, referentes, por exemplo, ao carregamento de propelente e à integração do foguete;
- fomentar a evolução contínua das indústrias aeroespaciais em nível e direção compatíveis com o avanço tecnológico pretendido nos projetos de desenvolvimento, para não haver solução de continuidade nas fases de produção e operação; e
- uma estrutura técnico-administrativa dedicada ao apoio aos projetos na fase pós-desenvolvimento, incluindo, por exemplo, atividades de formulação da base de cessão de direito sobre projetos, de transferência de tecnologia e sua efetivação prática e de acompanhamento das dificuldades operacionais das ações corretivas correspondentes.

O presente aprendizado, advindo de um projeto relativamente simples de lançamento suborbital, ilustra a magnitude do problema que estaria associado aos projetos de lançamento orbital, como, por exemplo, aqueles mostrados sequencialmente na Figura 1.

A Figura 1 é também bastante representativa para ilustrar a tendência do modelo atual, da predominância do peso da necessidade de assegurar a capacitação nacional sistemática e gradativa, em detrimento de outros requisitos e prioridades também relevantes. Por exemplo, ao considerar a hipótese de que todos os veículos da série terão sucesso no mercado, torna-se difícil imaginar, na circunstância atual, como manter a produção e a operacionalidade de cada uma das versões no seu ciclo de vida e, ao mesmo tempo, cumprir os prazos de desenvolvimento previstos.

O modelo atual, ao não incluir realisticamente as fases de produção e operação no ciclo de vida de um projeto, acaba propiciando a geração de cronograma de desenvolvimento e planejamento de longo prazo excessivamente otimistas, de difícil implementação prática. Nesse sentido, pode-se dizer que as organizações do Sindae, no segmento veículos lançadores, incluindo os sistemas de apoio, não estão preparadas adequadamente para eventuais resultados de sucesso em seus projetos.

Quando se trata de lançamentos orbitais, principalmente uma necessidade complementar, não mencionada na discussão anterior, passa também a ser fundamental. Trata-se da necessidade de um setor responsável pela exploração comercial das atividades espaciais, discutida a seguir.

Necessidade de rumo para exploração comercial das atividades espaciais

A importância do preparo para usufruir de benefícios advindos de um projeto de sucesso já ficou caracterizada preliminarmente no exemplo apresentado na seção anterior. De fato, a falta de política e de orientação clara quanto à oportunidade de exploração comercial e quanto ao nicho de mercado de lançamento nacional e internacional a priorizar, conjugada com requisitos vinculados à capacitação interna, tem dificultado o estabelecimento de um rumo definitivo para evolução dos veículos lançadores pós VLS-1.

Por exemplo, a quantidade de configurações já sugeridas ou analisadas, com a participação de organizações internacionais em sua maioria, é praticamente incontável. Na falta de um propósito concreto, nenhuma delas tem tido suporte suficientemente convincente para se sustentar ao longo dos anos. A simples comparação das alternativas de evolução dos veículos pós VLS-1, descritas nas versões antigas e atuais do Pnae, por exemplo, permite constatar essa inconstância no rumo a tomar.

Sob essas condições descritas, incluindo requisitos de capacitação nacional e vinculação do avanço com o sucesso do projeto antecessor, exemplificadas na Figura 1, torna-se bastante complicado, ao IAE e às organizações interessadas, a convergência a uma parceria para desenvolvimento de veículos com emprego de propulsores líquidos. Discussões sobre possíveis alternativas de modelo estão presentes nas seções subsequentes.

Apliação discriminada do modelo – uma necessidade estratégica

O atual modelo e a cultura associados à evolução dos projetos de veículo, caracterizados na seção “Histórico da evolução dos veículos lançadores”, teve origem na década de 1960, ocasião em que os foguetes da série Sonda serviram de base para o desenvolvimento de veículo de maior porte, com aperfeiçoamento crescente da tecnologia de propulsão sólida, até a concepção do atual VLS-1, na década de 1980. Trata-se de um modelo coerente para o contexto da época, levando-se em conta que as tecnologias envolvidas eram essencialmente as mesmas, havendo evolução gradativa, por exemplo, no aspecto qualitativo, na sofisticação dos projetos, e quantitativo, na capacidade dos propulsores produzidos.

Com o advento de novas condicionantes recentes, originárias, por exemplo, da END e da experiência pioneira da certificação do projeto VSB-30, pode-se inferir que a aplicação indiscriminada desse modelo tradicional é inadequada para a realidade atual, principalmente na implementação das prioridades, apresentadas e discutidas nas seções subsequentes.

END – derivação e categorização das prioridades

Sabe-se que a END elegeu três setores estratégicos para a defesa nacional – o espacial, o cibernético e o nuclear – e propôs medidas que podem alterar profundamente as práticas e estruturas consolidadas no setor espacial. A transição, definida na END, indicando o caminho que levará o Brasil para onde deve ir, inclui medidas inéditas e privilegiadas para a reorganização da defesa e, por conseguinte, do setor espacial.

Algumas dessas medidas, especificamente relacionadas ao sistema de lançamento, estão destacadas e comentadas no Apêndice B. A partir desses comentários, pode-se extrair as seguintes prioridades:

- 1) ter o “integral domínio nacional” de um veículo lançador a propelente sólido para lançamento em órbitas baixas;
- 2) ter o domínio da tecnologia de propulsão líquida para propulsores de pequeno porte, para aplicação em sistema de guiamento remoto; e
- 3) ter o domínio da tecnologia de veículos lançadores de satélites e sistemas de solo para garantir acesso ao espaço em órbitas baixa e geoestacionária.

Com relação à prioridade 1, particularmente, cabe esclarecer que a END, ao não explicitar qual seria esse “vetor sob integral domínio nacional”, deixa uma margem de dúvida quanto à tecnologia a ser empregada no veículo de interesse da defesa. Sabe-se que praticamente todos os programas espaciais avançados, na sua origem, adaptaram seus mísseis intercontinentais para propelentes líquidos estocáveis, adequados aos requisitos táticos e estratégicos da defesa, para fins espaciais. No entanto, essa alternativa não foi considerada na formulação da prioridade 1, por ser julgada impertinente para a realidade atual do País.

Cabe esclarecer também que a END, muito embora tenha elegido o setor espacial como estratégicos para a defesa, não estabeleceu claramente uma categorização das suas prioridades. Tomando-se como base os requisitos táticos e estratégicos inerentes à defesa, entre eles, mobilidade, manutenibilidade e condições de emprego imediato, por exemplo, pode-se categorizar as tecnologias principais envolvidas nessas três prioridades, sob o aspecto da aplicação, direta ou indireta, na defesa.

Trata-se de uma distinção extremamente importante, visto que o enfoque do desenvolvimento correspondente pode diferir significativamente. Uma interpretação inadequada, numa etapa inicial e fundamental dessa natureza, pode levar à adoção de um modelo inadequado de desenvolvimento.

Categorização das prioridades

Ao submeter as três prioridades anteriores ao critério da aplicação, pode-se inferir que:

a) a tecnologia de propulsor sólido, bem como a tecnologia de propulsor líquido de pequeno porte, associadas às prioridades 1 e 2, respectivamente, e a aplicação dos produtos resultantes são de interesse direto da defesa; e

b) a tecnologia de propulsores líquidos de médio e grande porte, associada à prioridade 3, é de interesse indireto da defesa, enquanto a aplicação do veículo resultante é de interesse direto da defesa.

Como resultado prático dessa categorização, abre-se a possibilidade de escolher ou desenvolver modelo de evolução adequado para cada uma das prioridades.

Novos rumos e alternativas para viabilização das prioridades

De acordo com a END, o Ministério da Defesa e o Ministério da Ciência e Tecnologia, por intermédio do IAE e da AEB, deverão promover “medidas com vistas a garantir a autonomia de produção, lançamento, operação e reposição de sistemas espaciais”, incluindo o “desenvolvimento de veículos lançadores de satélites e sistemas de solo para garantir acesso ao espaço em órbitas baixa e geoestacionária”.

Subentende-se, portanto, que as atribuições do IAE e da AEB abrangem a coordenação e o controle das medidas necessárias à viabilização das três prioridades levantadas. Sob essa perspectiva, cada uma das prioridades será comentada à luz das diversas condicionantes e necessidades apontadas nas seções anteriores.

Considerações sobre a prioridade 1

Referente à prioridade 1, “ter o integral domínio nacional de um veículo lançador a propelente sólido para lançamento em órbitas baixas”, subentende-se que o domínio deve ser exercido continuamente e, de acordo com a END, “ainda que parceiros estrangeiros participem do seu projeto e da sua implementação”.

Atualmente, o VLS-1 é o projeto que pode viabilizar o cumprimento inicial dos objetivos da prioridade 1. Uma análise do andamento e das condições de execução desse projeto, levando-se em conta as constatações anteriores, permite inferir que o caminho propiciado pelo VLS-1 pode não ser o mais adequado para o alcance dos objetivos. Elementos que reforçam essa hipótese são apresentados a seguir.

O VLS-1 como uma etapa da prioridade 1

O projeto VLS-1 foi concebido segundo modelo de evolução de projetos caracterizado na seção “Aplicação discriminada do modelo – uma necessidade estratégica” e teve a sua configuração básica “congelada” no final da década de 1980, aproximadamente, retratando nela as necessidades e as limitações gerenciais e tecnológicas da época. Nesse sentido, o projeto, dentro da cadência de evolução e complexidade crescente preconizado no modelo, cumpriu o seu papel, principalmente na década de 1990.

À medida que o término do projeto, ou seja, a qualificação e a subsequente certificação do projeto, sofre prorrogação, conforme tem sido sistematicamente observado, determinadas condições, exemplificadas a seguir, tendem também a sofrer maior efeito maléfico.

1. O VLS-1 foi concebido na década de 1980, ocasião em que pouco se sabia sobre conceitos de engenharia de requisitos e sistemas. O aprendizado obtido com o VSB-30, referente às estruturas documental e de projeto, mesmo sendo ainda incipiente, evidenciou a importância da organização disciplinada, sistemática e integrada, regida por normas e procedimentos consensuais, na execução de projetos espaciais complexos. Esse exemplo, advindo de um projeto relativamente simples, mais uma vez torna-se um referencial para entender o desafio e a dificuldade associados a um projeto do porte do VLS-1 e o quanto ele se encontra defasado, podendo distanciar-se ainda mais dessa prática contemporânea de engenharia. Nessas condições de baixa rastreabilidade de

informações técnicas originais, o próprio cumprimento da recomendação mandatória, referente à certificação do VLS-1, contida no Relatório de Investigação do Acidente (Brasil, 2004), torna-se um obstáculo de difícil transposição.

2. O “congelamento” da configuração do VLS-1 na década de 1980 praticamente cerrou, nessa mesma época, o ciclo de pesquisa e desenvolvimento de maior profundidade associado ao projeto. Desde então, as atividades inerentes ao projeto resumem-se em produzir protótipos, ao longo de quase duas décadas. As consequências maléficas são inúmeras, incluindo: o distanciamento gradativo, ou até o rompimento, em relação aos compromissos da missão institucional de promover a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação; a manutenção da infraestrutura dedicada ao projeto estagnada no tempo e sem horizonte para evolução; e, sobretudo, a perda de recursos humanos e a competência para a realização de análise, pesquisa e desenvolvimento de cunho inovador.

Cabe destacar que a atual geração da equipe dedicada ao projeto, bem como os novos integrantes recentes da equipe, ao serem treinados basicamente para a produção e a operacionalização de um projeto congelado, encontram-se praticamente privados de atividades inéditas. De fato, ainda hoje, recorre-se corriqueiramente ao exemplo do aço 300M, de alta resistência, como um dos maiores benefícios gerados pelas novas tecnologias desenvolvidas para fins espaciais. Na realidade, esse exemplo retrata quanto o programa espacial está carente de inovação, visto que esse aço resulta de desenvolvimento realizado na década de 1970.

Essas considerações anteriores permitem identificar diversas consequências indesejáveis, que devem ser levadas em conta para a tomada de decisão quanto à manutenção do projeto VLS-1 como etapa para o cumprimento da prioridade 1. Independentemente dessa decisão, alguns possíveis rumos estão destacados a seguir.

Perspectivas futuras

De acordo com a constatação apresentada na seção anterior, para o cumprimento da diretriz da END, a exigência de “um vetor sob integral domínio nacional”, o IAE e a AEB têm a alternativa de tomar medidas para que a pesquisa e o desenvolvimento da tecnologia de propulsão sólida, de interesse direto da defesa, sejam mantidos e aprimorados continuamente, com a devida recomposição do tripé de sustentação descrito no Apêndice A, com o emprego de conceitos de engenharia de requisitos e sistemas e a adoção de normas e procedimentos técnico-gerenciais.

O foco da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico, com eventual envolvimento de parceria internacional, poderia ser, por exemplo, a obtenção de propulsores com envelope-motor bobinado, de grande porte, utilizando propelentes sólidos de alto desempenho, aplicáveis também como *boosters* de veículos a propelente líquido.

Sob essa hipótese, um novo segmento de veículos lançadores poderia ser mantido, concomitante ou não com o projeto VLS-1, para o horizonte de até o ano de 2022: uma nova série de veículos lançadores utilizando propelente sólido em seus estágios principais, voltada para satélites de monitoramento espacial de interesse da defesa e, eventualmente, voltada também para pesquisas científicas e desenvolvimento acadêmico do País.

A viabilização desse segmento no mercado comercial poderia ser implementada mediante coordenação da empresa designada a atuar também no segmento líquido, apresentada na seção “Perspectivas futuras”, mais adiante.

Considerações sobre a prioridade 2

Da prioridade 2, “ter o domínio da tecnologia de propulsão líquida para propulsores de pequeno porte, para aplicação em sistema de guiamento remoto”, subentende-se a necessidade de desenvolver motores alimentados por pressurização direta dos tanques de propelente, sem a utilização de turbobombas. Trata-se de uma tecnologia relativamente simples e de menor custo, quando comparada àquela de motores de maior porte utilizando turbobombas.

Perspectivas futuras

Com relação aos propulsores de pequeno porte, o IAE já possui infraestrutura para teste e acumula conhecimento básico sobre o assunto. Sabe-se que o VLS-1 já integra esse tipo de propulsores, no caso à base de dimetilhidrazina assimétrica e tetróxido de nitrogênio, par de propelentes líquidos hipergólicos e estocáveis, no seu módulo de controle de rolamento. Em 1999, decorrente das dificuldades de importação desse módulo, o IAE iniciou o processo de nacionalização do propulsor de 400 N de empuxo, o qual foi testado pela primeira vez em 2003.

Para o horizonte de 2022, pode-se direcionar as atividades com maior objetividade para o domínio do ciclo completo dessa tecnologia à base de propelentes líquidos estocáveis e de ignição espontânea, a partir de coordenação, também, com as necessidades da defesa e dos sistemas de satélite, mantendo o modelo tradicional de desenvolvimento e de evolução de projeto.

Pressupõe-se, também, a devida recomposição do tripé de sustentação descrito no Apêndice A, o emprego de conceitos de engenharia de requisitos e sistemas e adoção de normas e procedimentos técnico-gerenciais pertinentes.

Considerações sobre a prioridade 3

Com relação à prioridade 3, “ter o domínio da tecnologia de veículos lançadores de satélites e sistemas de solo para garantir acesso ao espaço em órbitas baixa e geoestacionária”, pode-se dizer que o acesso à órbita baixa poderia ser alcançado com tecnologias, tanto a propelente sólido, referido na seção “Considerações sobre a prioridade 1”, quanto a propelente líquido. Para o acesso à órbita geoestacionária e, eventualmente, órbita média, por sua vez, subentende-se a necessidade mandatória do uso da propulsão líquida, com imprescindível envolvimento de parceria internacional.

De acordo com a categorização apresentada na seção “Categorização das prioridades”, a tecnologia da propulsão líquida para propulsores de médio e grande porte não tem aplicação direta na defesa, visto que usualmente líquidos criogênicos são empregados como propelente. Assim, levando-se em

conta esse requisito e outras condicionantes discutidas em seguida, um novo modelo é proposto para evolução nesse segmento.

Um novo modelo para veículos de médio e grande porte

O modelo de evolução atual, exemplificado na seção “Nova família de veículos lançadores de satélites”, prevê que o lançamento com sucesso do VLS-1 permitirá a desoneração dos recursos humanos disponíveis das atividades de desenvolvimento desse veículo, podendo dedicar-se ao Programa Cruzeiro do Sul, significando a migração gradativa desse pessoal aos veículos utilizando tecnologia de propulsão líquida.

Conforme já foi comentado preliminarmente na seção “Aplicação discriminada do modelo – uma necessidade estratégica”, esse modelo tradicional não é adequado à transição para veículos a propelente líquido visto que:

- induz o esvaziamento de um setor estratégico à defesa, já carente de pessoal; e
- vincula o início do desenvolvimento de veículos a propelente líquido ao possível sucesso de um veículo a propelente sólido, cujos focos de interesse à defesa são distintos.

Cabe destacar que esse esvaziamento de pessoal no segmento de propulsão sólida e a consequente descontinuidade na evolução dessa tecnologia e veículos associados, na circunstância atual, sob ausência de estrutura para transferências de tecnologia e de gestão da produção e operação para o setor privado, deixam bastante previsível a perda de competência no assunto em curto espaço de tempo. A consequência pode ser ainda pior: perda total, ainda que temporária, de alternativas para lançamento orbital no País.

Perspectivas futuras

A atuação no segmento de órbitas média ou geoestacionária, especificamente, muito embora a END não tenha fornecido nenhuma orientação, certamente seria viabilizada ou, eventualmente, se tornaria menos subvencionada, mediante competição no mercado internacional de lançamentos comerciais, tendo em vista os vultosos investimento e o custo operacional envolvidos no empreendimento.

Nesse contexto, pode-se inferir as necessidades seguintes, cujas medidas de implementação seriam tomadas pelo IAE e AEB:

a) substituir o modelo tradicional de desenvolvimento de projeto, descrito na seção “Caracterização da sistemática de execução de projetos”, por um novo modelo, de maior agilidade e flexibilidade, para viabilizar a competição no mercado de lançadores; e

b) firmar parceria com organizações internacionais, apresentando preferencialmente: experiência em participação no mercado de lançamentos comerciais; possibilidade de avaliar conjuntamente as configurações de veículo de maior potencialidade para as condições do País, com fornecimento inicial de sistemas de tecnologias críticas, incluindo os motores líquidos; e, finalmente, disposição para apoio gradativo à END.

Esse novo modelo, de maior agilidade e flexibilidade, significaria nuclear e estruturar uma empresa equivalente à Embraer, ou seja, uma Empresa Brasileira de Atividades Espaciais, específica para a exploração comercial das atividades espaciais, por meio de desenvolvimento das indústrias aeroespaciais brasileiras e de disponibilização de serviço de lançamento utilizando veículos lançadores a propelente sólido, bem como a propelente líquido.

Considerações finais

No presente trabalho, levando-se em conta as diversas condicionantes derivadas da END, das considerações dos Apêndices A e B, acrescidas de experiências passadas deste autor, realizou-se um diagnóstico na sistemática de execução de projeto no segmento de veículos lançadores e tecnologias associadas.

Os resultados principais desse diagnóstico estão resumidos na sequência:

1. As organizações do Sindae, no segmento veículos lançadores, não estão preparadas para eventual resultado de sucesso em seus projetos. Entre as consequências geradas, constam:
 - a geração de cronograma de desenvolvimento e planejamento excessivamente otimistas, de difícil implementação prática, por não preverem realisticamente as fases de produção e operação no ciclo de vida de um projeto; e
 - a ausência de objetividade para exploração comercial das atividades espaciais.
2. A falta de política e de orientação clara quanto ao nicho de mercado de lançamento a priorizar tem dificultado o estabelecimento de um rumo definitivo, no IAE, para as etapas de evolução dos veículos lançadores. Entre as consequências geradas, consta a dificuldade na convergência para uma parceria para desenvolvimento de veículos com uso da propulsão líquida.
3. O histórico sobre a evolução de veículos lançadores no IAE permite derivação de um modelo de evolução de projeto, caracterizado por “sistematização da evolução dos projetos em cadência de complexidade crescente, fortemente vinculada à capacitação nacional”.
4. Esse modelo de evolução de projetos é inadequado à transição da propulsão sólida para líquida, podendo levar o IAE à perda total, ainda que temporária, de alternativas para lançamento orbital.

De acordo com a END, o IAE e a AEB têm a atribuição de promover “medidas com vistas a garantir a autonomia de produção, lançamento, operação e reposição de sistemas espaciais”. Essa atribuição abrange inclusive as medidas e decisões necessárias à viabilização das três prioridades derivadas da END:

a) prioridade 1: ter o “integral domínio nacional” de um veículo lançador a propelente sólido para lançamento em órbitas baixas;

b) prioridade 2: ter o domínio da tecnologia de propulsão líquida para propulsores de pequeno porte, para aplicação em sistema de guiamento remoto;

c) prioridade 3: ter o domínio da tecnologia de veículos lançadores de satélites e sistemas de solo para garantir acesso ao espaço em órbitas baixa e geoestacionária.

Conclusão

Como elementos de apoio às eventuais medidas e decisões do IAE e da AEB, referentes às três prioridades, as principais conclusões do diagnóstico estão resumidas na sequência, considerando um horizonte até o ano de 2022.

1. A conveniência da continuidade do projeto VLS-1 como uma etapa para o cumprimento dos objetivos da prioridade 1 poderia ser reavaliada à luz das constatações contidas no presente artigo.

2. Um novo segmento de veículos lançadores empregando propulsão sólida em seus estágios principais poderia ser mantido, concomitante ou não com o projeto VLS-1, voltado para satélites de monitoramento espacial de interesse prioritário da defesa.

3. Na área de propulsores líquidos de pequeno porte associados à prioridade 2, os esforços deveriam ser concentrados para o domínio do ciclo completo da tecnologia à base de propelentes estocáveis e de ignição espontânea.

4. A atuação do País no segmento de veículos lançadores de médio e grande porte associados à prioridade 3 poderia ser viabilizada mediante competição no mercado internacional de lançamentos comerciais, levando-se em conta os vultosos investimento e custo operacional requeridos no empreendimento.

5. Para atuar no mercado internacional de lançamentos comerciais, uma nova organização de maior agilidade e flexibilidade equivalente à Embraer poderia ser criada, ou seja, significaria criar uma Empresa Brasileira de Atividades Espaciais, eventualmente atuante também no segmento de veículos associados à prioridade 1.

Referências bibliográficas

AEB. *Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), 2005-2014*. Brasília-DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, Agência Espacial Brasileira, 2005.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. *Relatório da Investigação do Acidente Ocorrido com o VLS-1 V03: Comissão Técnica de Investigação do Acidente*. São José dos Campos, SP, 2004.

_____. Ministério da Defesa. *Estratégia Nacional de Defesa: EM Interministerial nº 0437/MD/SAE-PR*. Brasília, DF, 2008.

_____. Câmara dos Deputados Federais. Fórum E-democracia. *Sugestão de elementos para a Nova Política Espacial Brasileira*. Brasília, DF, 2010.

IAE. *Programa Cruzeiro do Sul. Relatório Executivo Sumário*. Grupo de Trabalho VLS-2010. Relatório Técnico nº ASE-RT-017-2005. São José dos Campos: CTA/IAE, 2005.

NIWA, Mario. *Seleção de propelentes nacionais*. Relatório Técnico (RT 081/ASE-P/94). São José dos Campos: CTA/IAE, 1994a.

_____. *Programa de capacitação em propulsão líquida*. Relatório Técnico (RT 086/ASE-P/94). São José dos Campos: CTA/IAE, 1994b.

_____. *Propulsão líquida no Brasil e no exterior: um paralelo*. Relatório técnico. São José dos Campos: Centro Técnico Aeroespacial, 1995.

SANTANA JR., A. *Simulação de trajetória para análise preliminar de viabilidade do veículo VLS-RD58*. Relatório Técnico nº RT 100/ASE-P/2002. São José dos Campos: IAE, 2002.

_____. *Capacitação em tecnologia de propulsão líquida*. Relatório Técnico (RT 011/ASE/03). São José dos Campos: CTA/IAE, 2003.

_____. *Compilação de propostas existentes no IAE para futuros veículos lançadores de satélites*. Relatório nº RT 016/ASE/2004-R. São José dos Campos: IAE, 2004.

_____. *Especificação preliminar do motor L5*. Relatório Técnico nº RT 012/ASE/2003. São José dos Campos: IAE, 2005.

Apêndice A – Um diagnóstico do Sindae

Sabe-se que uma organização, para desenvolver, produzir e operar um produto de qualidade, deve estar dotada, minimamente, de três elementos fundamentais, compondo um tripé de sustentação: 1) processos técnico-gerenciais consistentes e documentados, consolidando o conhecimento para execução do ciclo completo do projeto relacionado ao produto; 2) recursos materiais adequados, compreendendo a infraestrutura e os meios necessários, por exemplo, para produção, teste, qualificação, certificação e operação do produto; e 3) recursos humanos capacitados e em quantidade adequada para a demanda do empreendimento.

Nesse contexto, um diagnóstico no segmento sistema de lançamento, especificamente, permite constatar que o terceiro elemento, recursos humanos, está muito aquém do necessário para manter o equilíbrio do tripé. Pode-se dizer, portanto, que não basta simplesmente aumentar o recurso orçamentário do setor, sem que haja ampla reposição no quadro de pessoal, que, por sua vez, deverá passar por um longo e demorado processo de capacitação.

A falta de recursos humanos e problemas decorrentes

O atual quadro de pessoal remanescente nas instituições participantes do Sindae é sabidamente insuficiente para executar as ações do Pnae em ritmo desejável. À luz da nova diretriz da END, da necessidade de assegurar a independência nacional, a ser alcançada pela capacitação tecnológica autônoma, torna ainda mais patente que esse quadro remanescente está longe de atender à demanda de tecnologias estratégicas a serem dominadas.

A manutenção sistemática, por mais de uma década, dessa situação crônica e deficitária do elemento “recursos humanos”, por sua vez, pode ter prejudicado inclusive a consolidação e a preservação de processos tecnologicamente complexos. Para a restauração efetiva do tripé de sustentação, deve-se prever, portanto, além da reposição e capacitação de pessoal, recursos e tempo para eventual reavaliação de processos técnicos considerados críticos.

Deve-se observar, inclusive, que o problema da carência de pessoal não só afeta os engenhos de voo, vetor de lançamento e carga útil, mas também os produtos e as atividades de apoio em solo. Entre estes, especificamente aqueles considerados vitais à segurança e à missão de lançamento, deveriam receber a mesma atenção dedicada aos engenhos de voo. Nesse contexto, pode-se dizer que os centros de lançamento do Sindae, possivelmente por falta de volume e cadência regular de lançamento e cadência sistemática no tripé de sustentação, não tiveram, até o momento, a oportunidade de estruturar efetivamente os meios requeridos para lançamentos orbitais.

As iniciativas recentes, de lançamentos comerciais utilizando foguetes ucranianos a partir do Centro de Lançamento de Alcântara, tendem a evidenciar ainda mais essas deficiências latentes.

Sistemática de funcionamento

O Sindae foi concebido para organizar a execução das atividades espaciais e resulta da congregação de várias instituições, as quais exercem papéis distintos. Referentes à forma de gestão e integração dessas instituições, bem como ao funcionamento do sistema como um todo, não há, aparentemente, nenhuma diretriz estabelecida, em complementação ao decreto de sua criação. Na ausência de regras claras, certas práticas e situações, nem sempre alinhadas com os interesses do sistema, passaram a fazer parte da sua rotina de funcionamento. Entre elas, pode-se citar, por exemplo:

- cada órgão setorial tem estabelecido, de forma independente, suas ações prioritárias, bem como as previsões orçamentárias correspondentes;
- a alocação de recursos tem sido efetuada sem avaliação das prioridades do sistema como um todo;
- não existe uma padronização no uso de normas e procedimentos técnico-gerenciais;
- não há esforço integrado na solução de problemas inerentes ao sistema;
- em suma, não há uma estrutura de comando centralizada, adequadamente dimensionada para organizar, integrar, direcionar, controlar e avaliar as ações do sistema.

Entre os resultados gerados ou agravados, em consequência dessa situação, pode-se citar, por exemplo:

a fragmentação de recursos orçamentários em ações secundárias ou até mesmo em ações não alinhadas com os interesses do sistema, com consequente dispersão da força de trabalho;

a fragilidade dos processos técnico-gerenciais do sistema, por falta de normas e procedimentos em comum, que, por sua vez, dificulta as ações integradas entre as instituições participantes; e

a conservação prolongada de um sistema, sabidamente impraticável, por não haver um agente catalisador, interno ou externo, com poder suficientemente abrangente para promover as mudanças necessárias.

Apêndice B – O Sindae sob o esteio da END

Sabe-se que a END inclui diversas medidas de interesse do setor espacial, algumas das quais, de abrangência multi-institucional, necessitam de debate para maior profundidade a fim de se evitarem entendimentos ambíguos entre os integrantes do sistema.

Algumas dessas medidas, especificamente relacionadas ao sistema de lançamento, são destacadas e comentadas a seguir, com o propósito de sugerir possíveis encaminhamentos das próximas ações.

Medida 1 – “O Ministério da Defesa e o Ministério da Ciência e Tecnologia, por intermédio do Instituto de Aeronáutica e Espaço do Comando da Aeronáutica e da Agência Espacial Brasileira, promoverão medidas com vistas a garantir a autonomia de produção, lançamento, operação e reposição de sistemas espaciais, por meio do desenvolvimento de veículos lançadores de satélites e sistemas de solo, para garantir acesso ao espaço em órbitas baixa e geoestacionária.”

Medida 2 – “O Exército Brasileiro: os imperativos de flexibilidade e de elasticidade (...) O monitoramento/controlado, como componente do imperativo de flexibilidade, exigirá que, entre os recursos espaciais, haja um vetor sob integral domínio nacional, ainda que parceiros estrangeiros participem do seu projeto e da sua implementação, incluindo a fabricação de veículos lançadores de satélites.”

Medida 3 – “Três diretrizes estratégicas marcarão a evolução da Força Aérea (...) A terceira diretriz é a integração das atividades espaciais nas operações da Força Aérea. O monitoramento espacial será parte integral e condição indispensável do cumprimento das tarefas estratégicas que orientarão a Força Aérea: vigilância múltipla e cumulativa, superioridade aérea local e fogo focado no contexto de operações conjuntas. O desenvolvimento da tecnologia de veículos lançadores servirá como instrumento amplo, não só para apoiar os programas espaciais, mas também para desenvolver tecnologia nacional de projeto e de fabricação de mísseis.”

Medida 4 – “Três setores estratégicos – o espacial, o cibernético e o nuclear – são essenciais para a defesa nacional (...) Nos três setores, as parcerias com outros países e as compras de produtos e serviços no exterior devem ser compatibilizadas com o objetivo de assegurar espectro abrangente de capacidades e de tecnologias sob domínio nacional (...) No setor espacial, as prioridades são as seguintes: projetar e fabricar veículos lançadores de satélites e desenvolver tecnologias de guiamento remoto, sobretudo sistemas inerciais e tecnologias de propulsão líquida.”

Comentários decorrentes dessas medidas estão resumidos na sequência:

Comentário 1 – De acordo com a medida 1, o IAE e a AEB deverão promover “medidas com vistas a garantir a autonomia de produção, lançamento, operação e reposição de sistemas espaciais, por meio do desenvolvimento de veículos lançadores de satélites e sistemas de solo para garantir acesso ao espaço em órbitas baixa e geoestacionária”.

Comentário 2 – Por meio das medidas 2 e 4, ficam claras que parcerias com outros países e compras de produtos e serviços no exterior são previstas, seja no projeto, seja na implantação, desde que estejam compatibilizadas com o “objetivo de assegurar espectro abrangente de capacitações e de tecnologias sob domínio nacional”.

Comentário 3 – Da medida 2, não se consegue derivar claramente qual seria esse vetor sob “integral domínio nacional”, para lançamento em órbitas baixa ou geoestacionária, que atenderia aos imperativos requisitos de flexibilidade e de elasticidade do Exército Brasileiro.

Comentário 4 – Por meio da medida 3, “desenvolvimento da tecnologia de veículos lançadores servirá como instrumento amplo não só para apoiar os programas espaciais, mas também para desenvolver tecnologia nacional de projeto e de fabricação de mísseis”, pode-se deduzir que o domínio da tecnologia de propulsão sólida é imprescindível para a aplicação pretendida na defesa.

Comentário 5 – Por meio da medida 4, “desenvolver tecnologias de guiamento remoto, sobretudo sistemas inerciais e tecnologias de propulsão líquida”, pode-se deduzir que o domínio da tecnologia de propulsores de pequeno porte, utilizando par de propelentes líquidos hipergólicos (o simples contato da mistura do par propelente provoca ignição espontânea) e estocáveis, do tipo dimetilhidrazina assimétrica (UDMH) e tetróxido de nitrogênio (NTO), por exemplo, é imprescindível para a aplicação pretendida em guiamento remoto.

Derivação das prioridades decorrentes da END

A partir dos comentários apresentados anteriormente, pode-se derivar novas prioridades para o futuro. Por exemplo, por meio dos comentários 3 e 4, pode-se deduzir que o vetor sob “integral domínio nacional” deveria utilizar tecnologia de propulsão sólida, predominantemente, como é o caso do VLS-1, visto que ela é a mais adequada para aplicação direta na defesa, levando-se em conta seus requisitos táticos e estratégicos, como mobilidade, manutenibilidade e condições de emprego imediato, associados aos produtos resultantes. Nesse caso, pode-se deduzir também que a prioridade é o integral domínio da tecnologia do vetor para lançamento em órbitas baixas.

Com relação aos propulsores de pequeno porte, utilizando par de propelentes líquidos hipergólicos e estocáveis, referidos no comentário 5, sabe-se que o VLS-1 já integra esse tipo de propulsores, à base de UDMH e NTO, no seu sistema de controle. Trata-se de mais uma tecnologia a ser dominada, juntamente com seu módulo de controle, já que são itens totalmente dependentes da importação.

Benefícios advindos das parcerias internacionais

Um passo fundamental para abreviar a garantia de autonomia prevista no comentário 1 é o estabelecimento de uma parceria internacional franca e sólida, em conformidade com comentário 2, que apoie efetivamente os objetivos da END. Com a consolidação dessa parceria, abre-se o leque de opções tecnológicas disponíveis, inclusive para acelerar o integral domínio da tecnologia de lançamento em órbita baixa, referido na seção “Uma visão crítica do modelo tradicional e da cultura organizacional vigentes”.

Quanto às medidas para garantir acesso ao espaço em órbitas geoestacionárias, previstas na medida 1 e comentadas no comentário 1, a parceria internacional é um passo imprescindível e fundamental para acelerar o processo, iniciando com o domínio da tecnologia de propulsão líquida para propulsores de médio e grande porte. Países como o Japão e a Índia, que entraram nessa corrida nas décadas de 1970 e 1980, respectivamente, adotaram exatamente esse caminho da parceria. Os erros e acertos dos japoneses, particularmente, podem ser de grande valia para o Programa Espacial Brasileiro, pela similaridade das circunstâncias vividas na época da adoção da tecnologia de propulsão líquida.

Derivação das prioridades para o Sindae

Os supostos erros e acertos dos japoneses são incentivo para se realizar uma reflexão mais profunda no Programa Espacial Brasileiro, visando a soluções de maior racionalidade no desenvolvimento de sistemas de lançamento associados aos satélites do Sindae.

A estratégia adotada até o momento, no desenvolvimento da tecnologia de propulsão líquida no IAE, tem sido baseada no treinamento de profissionais, já atuantes no segmento de propulsão sólida, em sua grande maioria, antevendo um possível VLS-2, evolução do VLS-1, com introdução de estágios superiores a propelente líquido. Ao se considerar a necessidade apontada na medida 2, disponibilidade de “um vetor sob integral domínio nacional”, bem como a opção pelo “integral domínio da tecnologia para lançamento em órbitas baixas”, comentada na seção “Derivação das prioridades decorrentes da END”, utilizando tecnologia de propulsão sólida, conclui-se que a estratégia em curso não é adequada, já que induz o esvaziamento de um setor já carente de pessoal. Torna-se bastante previsível a perda de competência no assunto, em curto espaço de tempo, inviabilizando o atendimento às prioridades apontadas na medidas 2 e 3, de monitoramento e controle espacial.

Alternativamente, a opção japonesa, de manter duas organizações distintas no desenvolvimento de tecnologias de propulsão, líquida e sólida, e seus veículos correspondentes, pode ser uma escolha adequada também para o caso brasileiro (*Vide*: <<http://www.isas.jaxa.jp/e/enterp/rockets/vehicles/index.shtml>> e <http://www.jaxa.jp/about/history/nasda/index_e.html>).

Nesse caso, considerando-se que uma das opções seria manter os dois setores independentes, de propulsão sólida e líquida, no IAE, haveria necessidade de recompor, primeiramente, os três elementos fundamentais do tripé de sustentação – processos técnico-gerenciais, recursos materiais e recursos humanos –, para atuação exclusiva no segmento de propulsão sólida para lançamento em órbita baixa.

Essa opção significaria novo direcionamento na evolução do sistema de lançamento em órbita baixa e, eventualmente, em órbita média, na qual o VLS-2, por exemplo, utilizaria somente propelente sólido em seus estágios principais. Assim, o foco da pesquisa e desenvolvimento tecnológico, com eventual envolvimento de parceria internacional, passaria a ser, por exemplo, a obtenção de propulsores

avançados de grande porte, utilizando propelentes sólidos de alto desempenho, voltados aos veículos para satélites de monitoramento espacial, de interesse da defesa, prioritariamente, e eventualmente, voltados para *boosters* de veículos a propelente líquido. Ao mesmo tempo, significaria também uma oportunidade de nova reflexão sobre o papel do VLS-1 no encurtamento do caminho para atender às necessidades da defesa, referentes ao monitoramento e ao controle espacial.

Em seguida, haveria a necessidade de estruturar os três elementos fundamentais do tripé de sustentação para novo setor independente, dedicado à propulsão líquida, responsável pelos vetores de lançamento em órbita geoestacionária e, eventualmente, em órbita média. Com parceria internacional que apoie efetivamente os objetivos da END, o Programa Espacial Brasileiro teria oportunidade de realizar a escolha de propelentes e tecnologias de sua maior conveniência.

A atuação nesse segmento de lançamento certamente exigiria a participação brasileira no mercado internacional de lançamentos comerciais, tendo em vista o alto custo envolvido no empreendimento. Significaria também a necessidade de maior flexibilização nas prioridades da defesa, em face do inerente compromisso de prazos contratuais de lançamento. A END referente a esses assuntos não fornece nenhuma orientação.

Cabe ressaltar que o envolvimento das indústrias nacionais em empreendimentos espaciais já tem sido problemático, mesmo no caso do VLS-1 e de outros projetos menores, tendo em vista a baixa demanda de produção. No lançamento geoestacionário, esse problema seria agravado, já que o custo de envolvimento das indústrias nacionais seria ainda mais crítico, levando-se em conta tecnologias de grande complexidade associadas aos sistemas líquidos.

FOMENTO E APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA CAPACIDADE INDUSTRIAL, ATENDIMENTO ÀS DEMANDAS DE FABRICAÇÃO DOS PROJETOS ESPACIAIS

*Célio Costa Vaz**

Resumo

Este artigo discute questões relativas ao fomento e apoio ao desenvolvimento da capacidade industrial brasileira para o atendimento às demandas de fabricação dos projetos do Programa Espacial Brasileiro. Inicialmente, realiza uma contextualização da estrutura do Programa Espacial Brasileiro, para, em seguida, fazer uma síntese dos problemas que o programa e o respectivo setor industrial vêm enfrentando de modo sistemático, ao longo dos últimos 20 anos. São identificadas características inerentes aos programas espaciais as quais conduzem à necessidade de implementar políticas e programas especiais de fomento e de apoio para o desenvolvimento de uma capacidade industrial no setor espacial. São induzidas algumas sugestões que, segundo a ótica do seu autor, podem contribuir para aumentar o desenvolvimento da indústria nacional espacial como dominante fornecedora de produtos e serviços e para dinamizar o Programa Espacial Brasileiro. São alvitadas algumas iniciativas que podem vir a ser apoiadas por meio da regulamentação e implantação de nova modalidade de fomento ao desenvolvimento de tecnologia e inovação no setor espacial, a “Encomenda Tecnológica”. Finalmente, são vislumbrados alguns cenários de desenvolvimento do Programa Espacial para serem realizados até o ano de 2022.

Palavras-chave: Programa Espacial Brasileiro, encomendas tecnológicas.

* Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade de Brasília (UnB), possui mestrado em análise de sistemas e aplicações pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e doutorado na área de Aerodinâmica, Propulsão e Energia pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Participou de diversos projetos de desenvolvimento tecnológico na área espacial, destacando-se a viabilidade técnica de microssatélite de coleta de dados ambientais, o projeto e a fabricação da parte elétrica do gerador solar do satélite CBERS, o desenvolvimento do sistema de alimentação de motor foguete e da plataforma suborbital de microgravidade. Atualmente, é sócio diretor da Orbital Engenharia.

Introdução

Para organizar a execução das atividades destinadas ao desenvolvimento espacial de interesse nacional, foi instituído, em 1996, o Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (Sindae), tendo como órgão central a Agência Espacial Brasileira (AEB), criada em 1994, e como órgãos setoriais ou executivos o Departamento de Pesquisas e Desenvolvimento do Comando da Aeronáutica, por meio do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) do Ministério da Ciência e Tecnologia.

Os objetivos e as diretrizes que norteiam as ações da área espacial no Brasil encontram-se consolidados no documento denominado Política de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), cujo macro-objetivo é “Promover a capacitação do País para desenvolver e utilizar os recursos e técnicas espaciais na solução de problemas nacionais e em benefício da sociedade brasileira”.

Em relação ao setor produtivo, um dos objetivos específicos do PNDAE é “Qualificar o setor produtivo brasileiro para participar e adquirir competitividade em mercados de bens e serviços espaciais”.

Atinente ao incentivo à participação da indústria nacional, é estabelecida pelo PNDAE a seguinte política:

A participação da indústria nacional nos programas de desenvolvimento de tecnologias e sistemas espaciais é condição necessária para a efetiva absorção pelo setor produtivo da capacitação promovida por esses programas. Esta participação deverá ser prevista de forma explícita nas propostas de novos programas, devendo-se:

- promover a qualificação da indústria nacional não apenas para o fornecimento de partes e equipamentos, mas também, para o desenvolvimento e a manufatura de subsistemas e sistemas completos;
- buscar a integração entre as equipes das instituições de pesquisa de desenvolvimento e os seus parceiros industriais, através da realização conjunta de projetos de desenvolvimento tecnológico que incluam a indústria desde a etapa de concepção; e,

- buscar aprovação de planos de longo prazo que permitam às empresas nacionais decidir, com menor grau de incerteza, sobre sua participação no Programa Espacial Brasileiro.

O PNDAE fixa os objetivos e as diretrizes a serem observados na elaboração do Programa Nacional de Atividades Espaciais (Pnae), documento este que descreve os grandes programas nacionais na área espacial, estabelecendo, portanto, as demandas governamentais potenciais a serem atendidas pelo setor produtivo, para as quais as políticas e os mecanismos de apoio e fomento ao desenvolvimento da capacidade industrial espacial deveriam estar direcionados, estabelecendo ações coordenadas de política de desenvolvimento e capacitação industrial para o setor.

O Pnae possui abrangência decenal e é revisado segundo diretrizes e periodicidades sugeridas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e aprovadas pelo Conselho Superior da Agência Espacial Brasileira (AEB).

Em sua essência, o Pnae deveria ser um programa de Estado e ser desenvolvido pelo setor produtivo, por institutos de pesquisa e por universidades brasileiras, com os seguintes objetivos:

- a) prestação à sociedade de serviços advindos do acesso à tecnologia espacial, serviços esses que contribuem para efetiva melhoria da qualidade de vida dos brasileiros;
- b) geração de riqueza no País, decorrente do desenvolvimento pelas empresas nacionais, via capacitação advinda do programa, de novos produtos e serviços destinados aos vários setores da atividade econômica que demandem tecnologia;
- c) economia e geração de divisas para o País, por meio da substituição de importações de itens de alta tecnologia e valor, graças à capacitação do parque industrial brasileiro, e pelo desenvolvimento de bens para exportação, inserindo o Brasil no mercado internacional desses produtos e serviços;
- d) suprimento de serviços, produtos e soluções tecnológicas ao País, atendendo à demanda crescente do mercado nacional, em decorrência da modernização e do desenvolvimento da sociedade brasileira;

e) geração e manutenção de empregos de alto nível no País e consequente irrigação de outros segmentos do setor produtivo com recursos humanos altamente especializados; e

f) domínio de tecnologias sensíveis, passíveis de serem empregadas na defesa do País.

Segundo a política estabelecida no PNDAE, o Pnae deveria ter o desenvolvimento dos subprogramas e o fornecimento dos sistemas, subsistemas e equipamentos fortemente contratados ao setor produtivo brasileiro, sem prescindir obviamente da atuação governamental, por meio de seus institutos de pesquisa e de suas universidades.

No entanto, apesar de essa ser a política estabelecida no PNDAE, não foi essa a política que se viu implementada durante a execução do programa ao longo do seu desenvolvimento nos últimos 30 anos, considerando-se o seu início marcado pelo desenvolvimento de satélites e veículos lançadores por meio do estabelecimento da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB).

Características de mercado dos programas espaciais

Os programas espaciais, sob a ótica industrial, possuem características de mercado específicas e bastante diferenciadas da grande maioria dos mercados de produtos e serviços voltados para as aplicações comerciais de uso em solo. Essas características especiais levaram os países que possuem programas espaciais bem-sucedidos a estabelecer políticas especiais de fomento e de apoio ao desenvolvimento de tecnologias espaciais, com forte participação do setor privado, as quais conduziram ao desenvolvimento das respectivas capacidades industriais no setor espacial desses países.

Algumas das características que diferenciam o setor espacial da grande maioria dos setores de aplicações comerciais em solo são:

- os recursos financeiros para os programas espaciais são de natureza pública governamental nos níveis continentais ou nacionais, implicando a prática de protecionismo regional ou nacional do respectivo setor industrial;

- o mercado é altamente competitivo e os riscos são muito elevados;
- os bens não estão prontos ou disponíveis para aquisição imediata. São desenvolvidos de acordo com as especificações do cliente (institutos governamentais ou agência espacial governamental);
- os bens são de alto valor agregado, em razão de sua elevada complexidade tecnológica requerida para atender aos severos requisitos de qualidade inerentes aos programas espaciais;
- envolvem tecnologias frequentemente classificadas como “duais”, isto é, passíveis de utilização tanto para uso pacífico quanto militar, o que restringe muito o acesso a elas. Restrições dessa natureza frequentemente impossibilitam o desenvolvimento de equipamentos, subsistemas e até mesmo de sistemas completos, justificando o estabelecimento de políticas de nacionalização;
- o mercado é usualmente bastante limitado em quantidade de encomendas, o que justifica uma política governamental de aquisição diferenciada que privilegie as empresas nacionais que se disponham aos investimentos de risco;
- o acesso aos mercados internacionais não depende somente da capacitação tecnológica, mas também de históricos de voos bem-sucedidos; e
- os custos são elevados para o treinamento e a especialização da mão de obra. O setor demanda pessoal especializado e treinado, geralmente não disponível no mercado de trabalho.

Consideradas as características anteriores, fica evidente que, sem o estabelecimento de mecanismos de fomento e de apoio governamentais, o setor industrial não encontrará meios para se desenvolver nesse setor de atividades e para atingir patamares tecnológicos mais elevados e autossustentáveis, como é o caso da atual indústria de satélites geostacionários de telecomunicações existentes nos países que desenvolveram, com sucesso, os seus programas espaciais, como os Estados Unidos e alguns países da Europa, dos quais se destacam a França e a Alemanha.

Situação atual do Programa Espacial Brasileiro

Atualmente, existe forte consenso de que o Programa Espacial Brasileiro deveria encontrar-se em estágio tecnológico muito mais avançado e ter alcançado um número bem maior de realizações, inclusive no desenvolvimento de capacidade industrial. No geral, os projetos experimentaram, e ainda experimentam, enormes atrasos nos seus cronogramas de execução, com a ocorrência de falhas catastróficas tanto na área de satélites quanto na área de veículos lançadores. Os gestores e executores governamentais do programa sempre argumentaram fortemente que os atrasos foram, e continuam sendo, motivados, em sua essência principal, pela insuficiência de recursos orçamentários para a execução adequada dos projetos estabelecidos no Pnae. Esse, indubitavelmente, é um dos principais componentes do mau desempenho do programa, no entanto, não é o único. Existem mais alguns que poderiam ser facilmente identificados, como, por exemplo, a pequena gama de oportunidades dada ao setor privado e os níveis de envolvimento demandados dele, os baixos ritmos das realizações do programa e a falta de coordenação e alinhamento das principais instituições que compõem o Sindae. A constante falta de recursos para o Programa Espacial Brasileiro não é uma questão puramente técnica, mas, principalmente, uma questão de natureza política.

A insuficiência orçamentária e o ritmo inadequado de realizações ao longo dos anos, infelizmente, têm norteado o Programa Espacial Brasileiro. A título de ilustração, faz-se interessante destacar, nos parágrafos seguintes, dois trechos de entrevistas concedidas por autoridades importantes do Programa Espacial Brasileiro, em situações distantes sete anos uma da outra.

Concernente à insuficiência dos recursos orçamentários, em entrevista concedida no ano de 2003, o brigadeiro Hugo Piva (2006), que trabalhou no projeto do VLS de 1968 a 1989, comentou: “Quando comecei o programa, queria que as tecnologias fossem espalhadas o máximo possível, aquele conhecimento não deveria ficar no CTA, precisava ir para as indústrias”.

Porém, como ele mesmo comenta: “O orçamento, além de oscilante, é ridiculamente pequeno, desprezível. Não sobrava dinheiro para contratar empresas, perdemos a finalidade inicial”.

Pertinente ao desenvolvimento do Programa Espacial em ritmo insatisfatório, em resposta à questão alusiva às realizações e aos problemas do Programa Espacial Brasileiro, o presidente da Agência Espacial Brasileira, Carlos Ganem, em entrevista à *Revista Tecnologia e Defesa* (2010), declarou que:

(...) Logicamente, o ritmo e a velocidade do avanço podem ser questionados quando comparados aos de outros países como a China e a Índia. Cabe, então, lembrar que, nestes dois casos, as motivações militares e de prestígio político internacional prevaleceram e justificaram o enorme aporte de recursos destinados àqueles programas espaciais (...).

Independentemente da questão da adequação orçamentária e do afastamento entre a política e a execução mencionadas anteriormente, os cenários das realizações apontam para evidente falta de dinâmica do Programa Espacial Brasileiro. Ao serem analisadas as realizações de programas espaciais de outros países, geralmente ocorre a impressão de quão dinâmico são os programas espaciais “dos outros”. A impressão é de que, do lado governamental, tem-se definido, com bastante objetividade, o que deve ser feito e aonde se almeja chegar; quais as adequadas alocações orçamentárias e prazos de execução para os projetos específicos; e, finalmente, parece que se dispõe de toda uma legislação e de estruturas institucionais que favorecem a realização das contratações ao setor privado. Do lado da execução, é possível verificar, nos programas espaciais bem-sucedidos, como os dos Estados Unidos e de países europeus, que as empresas estão envolvidas no desenvolvimento de novas tecnologias, em estudos de viabilidade técnica, no desenvolvimento de protótipos de laboratórios, em modelos de engenharia e qualificação e, claro, também no fornecimento de equipamentos para voo. Essas observações não são exatamente válidas para o Programa Espacial Brasileiro.

É fato que o orçamento do Programa Espacial Brasileiro está muito distante dos orçamentos dos países com objetivos similares aos nossos, os quais, inclusive, há algumas décadas, encontravam-se em níveis de desenvolvimento de suas atividades espaciais muito próximos ao do Programa Espacial Brasileiro (AAB, 2010). A Índia investiu aproximadamente 0,1% de seu PIB em atividades espaciais, enquanto a China, 0,069%, ambos os casos tendo por base o ano de 2005. O Brasil investiu no seu programa espacial cerca de um décimo do investimento feito pela Índia em 2005. Considerando-se dados de um estudo da OCDE, o orçamento brasileiro só não foi inferior, em 2005, aos da Irlanda, da Grécia, da Hungria, da Polônia e da República Tcheca, países com pouquíssimas realizações no setor espacial (AAB, 2010).

No caso dos programas espaciais da Índia e da China, pode ser inferido que as motivações militares e de prestígio internacional contribuíram para o aporte significativo de recursos financeiros aos seus respectivos programas espaciais. O fato é que os programas espaciais desses dois países se desenvolveram e se distanciaram, em número de realizações, em ritmos inimagináveis para a conjuntura quase estagnada em que permanece o Programa Espacial Brasileiro.

As questões orçamentárias, a falta de coordenação e de alinhamentos institucionais, o ritmo inadequado de realizações, o baixo envolvimento do setor privado são, portanto, problemas reconhecidos, que, porém, não foram até então resolvidos no Programa Espacial Brasileiro. Como resolvê-los? Trata-se de grande desafio político, que, devido às culturas institucionais desenvolvidas, talvez, no momento atual, seja bem maior que o do próprio desafio do estabelecimento do Programa Espacial no País.

As soluções para os problemas por que tem passado o Programa Espacial Brasileiro certamente vão requerer, por um lado, muita vontade política e, por outro, a humildade de reconhecer erros sistemáticos de verticalizações e isolamentos institucionais. E ainda, a coragem de unir esforços, de acreditar e de realizar parcerias estratégicas com a ainda emergente indústria espacial brasileira.

Pode ser inferido que a necessidade de unificação de esforços faz parte do discurso da atual gestão da AEB, segundo entrevista concedida por Carlos Ganem à *Revista Tecnologia e Defesa* (2010) sobre a revisão do PNAE: "(...) as palavras-chave são compartilhamento de visão e compromisso entre órgãos de governo, sociedade, indústria e academia. Sem isso, nunca o Programa Espacial terá o *status* de um programa de Estado (...)".

No entanto, os isolamentos das instituições governamentais que compõem o Sinda permanecem. De longa data, não existem coordenação e compatibilidade de metas e objetivos entre o desenvolvimento de veículos lançadores e o desenvolvimento de satélites. As poucas parcerias entre os institutos de pesquisa com indústrias do setor espacial foram muito mais frutos de iniciativas individuais, de pesquisadores visionários dos institutos e de ex-pesquisadores que, corajosamente, deixaram seus cargos públicos para montar suas próprias empresas do que o resultado de uma política de atuação estabelecida na execução do PNAE.

Para tirar o Programa Espacial Brasileiro da situação em que se encontra, é importante que os seus atores, em todas as instâncias, adotem a máxima sabiamente percebida pelo ilustre jornalista Antonio Augusto Amaral de Carvalho (2009): "Ninguém faz sucesso sozinho".

O Programa Espacial Brasileiro encontra-se em espiral descendente, que vem sendo mantida pelo enorme distanciamento que se verifica entre a política estabelecida no PNDPE e a execução do PNAE. Esse distanciamento, ao longo do tempo, criou cenários de isolamentos institucionais fortemente desfavoráveis para a condução do Programa Espacial Brasileiro, os quais conduziram a enorme perda

de prestígio político e contribuíram para os insuficientes níveis orçamentários alocados ao longo de sucessivos anos, os quais, por sua vez, impossibilitaram maior nível de realizações anuais, nível este considerado insatisfatório e, conseqüentemente, também, de pouco desenvolvimento do setor industrial espacial brasileiro. Caso os fatores que têm mantido essa espiral descendente não sejam interrompidos em curto prazo, prevê-se que o programa não sobreviverá por muito mais tempo, pois, na realidade, não há um programa. Pode-se afirmar que, atualmente, existem iniciativas e projetos institucionais relacionados às atividades espaciais, porém os objetivos estão muito mais relacionados a interesses institucionais específicos. Sem objetivos consensuais, sem prioridades e sem cronogramas bem estabelecidos, não se reunirão as condições institucionais para se gerar a força política necessária ao estabelecimento de orçamentos adequados.

No sentido de reverter os cenários expostos anteriormente, por um lado, cabe analisar o histórico, reavaliar os resultados e elencar os motivos das falhas e dos baixos níveis orçamentários até então obtidos. Por outro lado, cabe avaliar se a caracterização do Programa Espacial Brasileiro como programa de natureza exclusivamente civil está sendo benéfica para o País. A própria criação da AEB teve o objetivo de caracterizá-lo como programa civil, estando a AEB subordinada ao setor civil do governo federal. É óbvio que, no bojo do PNAE, existem conflitos claros entre objetivos estabelecidos e áreas estratégicas executivas, que conduzem a conflitos entre fontes de recursos financeiros governamentais e disponibilidades orçamentárias para a execução do programa.

Conforme ressaltou o ministro Samuel Pinheiro Guimarães durante a cerimônia de abertura do seminário “Desafios Estratégicos do Programa Espacial Brasileiro Rumo a 2022”, “(...) faz-se necessário pensar que não é suficiente que a atividade seja importante, é importante que haja força política para que se possa aproveitar todas as oportunidades econômicas que o setor permite. Não é uma questão técnica, é uma questão política”.

Segundo notícia veiculada no *Jornal da Câmara* (2010), o relator do Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica da Câmara sobre o Programa Espacial Brasileiro, deputado Rodrigo Rollemberg (PSB-DF), informou que seu relatório será transformado em indicação a ser encaminhada à Presidência da República com sugestões para o fortalecimento do programa. Ao destacar a importância estratégica do tema, o parlamentar afirmou, no artigo referenciado, que o Programa Espacial deve ser mais bem discutido pelo Congresso Nacional e compreendido por toda a população. Segundo ele, o Programa

Espacial pode colocar o País entre aqueles que debatem e decidem o poder mundial. “O Congresso tem de tratá-lo como política de Estado”.

O domínio de tecnologias sensíveis, passíveis de serem empregadas na defesa do País, como são os casos, por exemplo, do desenvolvimento de tecnologias de propulsão, controle e guiagem associadas a veículos lançadores; o desenvolvimento de satélites com imageadores radar (*Synthetic Aperture Radar* – *SAR*) de alta resolução, o desenvolvimento de satélites geoestacionários para telecomunicações militares e para o de controle de tráfego aéreo, poderia dotar o Programa Espacial de maior força política para a obtenção de recursos orçamentários adequados.

No que diz respeito à capacitação industrial no setor espacial, o cenário, conseqüentemente, não é muito diferente do referente às realizações do Programa Espacial. Não se conseguiu implementar com sucesso uma política para o desenvolvimento e a consolidação de tecnologias críticas no setor industrial, essenciais para o desenvolvimento dos subprogramas.

As empresas brasileiras dificilmente conseguem sobreviver apenas como fornecedoras do Programa Espacial e encontram dificuldades para se qualificarem e competirem no mercado internacional de produtos e serviços espaciais. Empresas que nasceram com a vocação tecnológica voltada para o setor espacial estão sendo obrigadas a se diversificarem e a buscarem outros mercados de naturezas distintas. Tem sido afirmado por dirigentes de instituições governamentais que esse é um modelo vantajoso para as empresas. No entanto, empresas que acreditaram e que buscaram especialização e desenvolvimento baseados no setor espacial brasileiro estão sendo forçadas a buscar mercados em outros setores de atividade, para manter seus níveis de faturamento, à custa de perdas de especializações no setor espacial. Existe histórico de importante empresa nacional que, apesar de ter realizado importantes fornecimentos, resolveu deixar de atuar como fornecedora do Programa Espacial Brasileiro justamente pelo baixo nível de demanda do programa e de apoio financeiro para o setor.

A atuação em outros mercados requer das empresas que nasceram voltadas para o setor espacial um esforço especial de adaptação, o redirecionamento da mão de obra, das tecnologias de projeto, das tecnologias de fabricação, dos procedimentos de garantia de produto e de documentação, que, no geral, são incompatíveis com as praticadas no setor espacial. A empresa poderá vir a ter melhores condições de sobrevivência, porém, o setor espacial estará perdendo em competências e, com o passar do tempo, certamente, em número de empresas especializadas. Como mencionado anteriormente, al-

gumas empresas brasileiras importantes que atuaram no setor espacial no passado desistiram de atuar nesse setor e se voltaram para outros setores de atividade econômica. Qual benefício essa estratégia de atuação trouxe para o Programa Espacial Brasileiro? Nenhum. Apenas a perda de competências e de massa crítica no setor espacial.

Houve evolução tecnológica muito grande em nível mundial nos últimos 20 anos, que, no geral, não foi possível de ser acompanhada pelas empresas brasileiras atuantes no setor espacial. A despeito desse cenário, a indústria nacional tem progressivamente conseguido aumentar seu escopo de fornecimento para o Programa Espacial Brasileiro.

Das observações anteriores, conclui-se que, para definir formas de fomento e apoio para o desenvolvimento de uma capacidade industrial no setor espacial brasileiro, primeiramente é preciso saber quais os objetivos do Programa Espacial, as metas a serem atingidas, em que espaço de tempo, quais as prioridades. Antes de se definir como apoiar e fomentar o desenvolvimento industrial desse setor, é preciso definir e priorizar o que fazer, pois se verifica facilmente uma inadequação entre objetivos, metas e recursos financeiros e humanos efetivamente alocados aos projetos do setor.

Está claramente demonstrado, pelo histórico de execução do Programa Espacial Brasileiro, que a política de contratação, ao setor industrial, de equipamentos e partes para suprir os grandes projetos mobilizadores, com compromissos operacionais considerados estratégicos para o País, não é suficiente para prover o setor espacial brasileiro de base tecnológica e industrial consistente. Isso porque, em geral, ao término de um projeto de longo prazo, boa parte das tecnologias utilizadas está-se tornando ou se tornou obsoleta; os institutos de pesquisas e o setor industrial não conseguem se manter tecnologicamente atualizados e, em particular, o setor industrial não é capaz de sobreviver somente com contratos dessa natureza. Os resultados até então obtidos no Programa Espacial Brasileiro demonstram não serem viáveis o desenvolvimento, a manutenção e o aperfeiçoamento de novas tecnologias com base somente nos grandes projetos mobilizadores, sem que eles estejam combinados com projetos de menor envergadura e com mecanismos de financiamento e de apoio ao desenvolvimento e à inovação tecnológica.

Fomento e apoio ao desenvolvimento da capacidade industrial

Os cenários das realizações do Programa Espacial Brasileiro e dos níveis de participação e capacitação industrial até então alcançados certamente fornecem elementos para o estabelecimento de novas políticas e mecanismos de fomento e apoio visando promover o real desenvolvimento e crescimento tanto do programa quanto da indústria nacional.

O fomento e o apoio às atividades de inovação tecnológica são muito importantes em todas as áreas do conhecimento e, em particular, no setor espacial.

O Brasil, de longa data, possui avançado sistema de apoio e financiamento às atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica, composto por agências nos níveis federal e estadual, com linhas específicas de fomento e apoio às atividades de pesquisa e desenvolvimento voltadas para atender tanto ao setor acadêmico como ao setor privado, isoladamente ou parcerias entre institutos de pesquisa, universidades e empresas.

Existem mecanismos de apoio à inovação tecnológica que atuam na forma de demanda de balcão, isto é, não definem previamente uma área ou uma linha específica de apoio, mas dão liberdade para a criatividade e a proposição de projetos científicos e tecnológicos. Por outro lado, existem mecanismos que direcionam a aplicação dos recursos para áreas científicas e tecnológicas consideradas prioritárias ou estratégicas.

Esse sistema de apoio financeiro às atividades de ciência e tecnologia tem sido continuamente aperfeiçoado. Nesse sentido, é importante ressaltar a ainda recente Lei de Inovação Tecnológica (Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004), que, associada aos mecanismos de apoio e financiamento à ciência e tecnologia e à inovação tecnológica previamente existentes, constitui importante ferramenta que, em maior ou menor grau, tem possibilitado maior aproximação entre os institutos de pesquisa, universidades e empresas para o desenvolvimento de tecnologias, produtos e serviços. No caso do setor espacial, essa lei também viabilizou o apoio direto a empresas do setor espacial para o desenvolvimento de tecnologias e produtos visando ao atendimento das demandas do Programa Espacial Brasileiro, por meio do Programa de Subvenção Econômica, da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

Distintamente, no âmbito do Estado de São Paulo, como exemplo de programa de apoio à inovação tecnológica em empresas privadas que tem proporcionado o desenvolvimento de tecnologias voltadas para o setor espacial, vale destacar o Programa de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (Pipe), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). Esse programa não somente tem proporcionado apoio a projetos relacionados ao setor espacial, como também tem contribuído para a criação e o surgimento de empresas especializadas em fornecimentos de produtos e serviços para o setor espacial.

No âmbito federal, conforme já mencionado, vale destacar o Programa de Subvenção Econômica, da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), que tem aprovado, desde o ano de 2006, vários projetos diretamente relacionados ao desenvolvimento de tecnologias para os subprogramas do PNAE.

Ao contrário do que tem ocorrido com o orçamento do setor espacial, não se pode afirmar que, nos últimos anos, têm faltado recursos financeiros nos programas da Finep e da Fapesp para o apoio ao desenvolvimento de projetos no setor espacial. Não cabe aqui fazer uma lista dos projetos relativos ao setor espacial que a Finep e a Fapesp apoiaram ou estão apoiando. O importante é ressaltar que essas duas agências de fomento à ciência e à tecnologia têm disponibilidade de recursos financeiros e têm apoiado o desenvolvimento de tecnologias e empresas no setor espacial e contribuído significativamente para esse desenvolvimento.

Se analisarmos, especificamente, o Programa de Subvenção Econômica da Finep, iniciado no ano de 2006, será possível verificar que o Programa Espacial Brasileiro foi, inicialmente, bastante apoiado. Na Chamada Pública (2010) realizada por meio do Edital da Subvenção Econômica de 2006, o setor espacial foi incluído entre os temas gerais priorizados pela Portaria Ministerial nº 558, de 30/8/2006, “Adensamento Tecnológico da Cadeia Aeroespacial”, com o estabelecimento do desenvolvimento dos seguintes processos e produtos:

- Sistema de Controle de Atitude e Supervisão de Bordo (*Attitude Control and DataHandling – ACDH*) para satélite estabilizado em três eixos, compreendendo o desenvolvimento de computador de bordo, de *software* de supervisão e controle, integração de sensores e atuadores, teste e validação do sistema integrado;

- câmara de imageamento óptico com características similares às daquelas das embarcadas no satélite americano Landsat-7, com resolução na faixa de 30 metros, capaz de atingir uma largura imageada de 900 km; e
- sistemas de navegação, controle e guiamento; aerodinâmica e propulsão de artefatos aeroespaciais; materiais à base de fibra de carbono para estruturas leves aeroespaciais.

Apesar do apoio que o setor industrial recebeu pela subvenção econômica, entre outros, para o desenvolvimento de equipamento (computador de bordo) e do *software* para supervisão e controle para computador ACDH, o Subsistema de Controle de Atitude e Supervisão de Bordo para o Satélite Amazônia foi contratado em 2008 diretamente a uma empresa argentina. Esse fato ilustra mais um recente descompasso de ações entre os agentes governamentais responsáveis pela coordenação e execução do Programa Espacial Brasileiro e mais uma enorme perda de oportunidade de capacitação da indústria nacional e de geração de empregos em setor de tecnologia estratégica. Isso sem considerar a evasão desnecessária de montante razoável de divisas do parco orçamento do Programa Espacial Brasileiro, que deixou de se contratar à indústria nacional. Talvez o País não venha a deter o domínio da tecnologia de controle de satélites ainda por mais uma ou duas décadas em razão desse fato.

Nas quatro chamadas subsequentes de subvenção econômica (2007, 2008, 2009 e 2010), observa-se que a contínua perda de espaço político do Programa Espacial está refletida também no Programa de Subvenção Econômica da Finep. O setor aeroespacial deixou de ser tema prioritário, de forma que, no Edital de Subvenção Econômica de 2010, recém-divulgado, o setor aeroespacial não é sequer mencionado nas áreas temáticas priorizadas ou nas respectivas linhas de produtos e processos. Obviamente, não se pode afirmar que os “acelerômetros e girômetros para aplicações diversas” incluídos na “Área 5 – Defesa” do referido edital (CHAMADA, 2010) não possam vir a ser utilizados em produtos relacionados às aplicações espaciais. O que se deseja destacar é a notória perda política do setor espacial no Programa de Subvenção Econômica. Fazem-se necessárias medidas no sentido de recuperar a prioridade do setor espacial nas futuras chamadas do Programa de Subvenção Econômica.

A situação atual de contratações do Programa Espacial ao setor industrial é tão crítica que, mesmo na hipótese de que os subprogramas do Pnae venham a ser contemplados nas linhas prioritárias dos programas de apoio e fomento à inovação tecnológica, as empresas, para poderem estar aptas a apresentar propostas e a obter recursos financeiros nesses programas, de modo geral, necessitam possuir boa saúde

financeira. Esses tipos de apoio e fomento não contribuem para o faturamento da empresa. As empresas necessitam dispor de contratos de fornecimento de produtos ou de serviços que garantam as suas sobrevivências ao longo do processo de subvenção econômica ou de fomento à inovação tecnológica.

O Programa Espacial, até passado recente, realizou muitas contratações ao setor industrial brasileiro, porém em sua grande maioria relacionadas às missões de natureza operacional, como é o caso das contratações realizadas para o programa do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS). Nesses casos, as empresas já devem, de algum modo, dispor de acervo tecnológico para se habilitarem ao fornecimento. Em geral, as empresas brasileiras capazes de atender a essas demandas desenvolveram o acervo tecnológico com recursos próprios ou com outras fontes de recursos não orçamentárias do Programa Espacial.

Uma das premissas para a implementação de modalidades diversas de apoio e fomento de capacidade industrial no setor espacial é a existência de demanda de prioridades tecnológicas, de projetos, de produtos e de serviços a serem viabilizados por meio de orçamentos adequados, para que sejam atingidas as metas estabelecidas, de acordo com a cronologia planejada. A execução orçamentária deve estar pautada nos subprogramas do Pnae e consonante com a política estabelecida na PNDAE.

É patente a necessidade de serem estabelecidas, por meio do planejamento do Programa Espacial, quais as tecnologias críticas a serem desenvolvidas, classificá-las em termos da sua disponibilidade no País e definir-lhes linhas específicas de fomento e apoio ao desenvolvimento pelo setor industrial ou em parceria com institutos de pesquisa e universidades.

A Nasa utiliza um indicador tecnológico denominado *Technology Readiness Level (TRL)*, para definir os tipos de contratação que serão necessários ao desenvolvimento de dada tecnologia necessária para viabilizar a execução de um projeto ou programa estabelecido nos planos governamentais para o setor espacial americano. Caso a tecnologia não exista ou não esteja disponível, é atribuído zero ao *TRL* ($TRL = 0$). Dessa forma, são inicialmente contratados estudos de viabilidade técnica tanto de empresas como de universidades e centros de pesquisa. Para os níveis mais elevados, são contratados protótipos de laboratório, modelos de engenharia, de qualificação ou de voo. As tecnologias desenvolvidas e com histórico de voo recebem o grau máximo: $TRL = 9$.

Inexiste, no Programa Espacial Brasileiro, um mecanismo para avaliação e classificação da disponibilidade das tecnologias necessárias aos projetos, nem para as que se pretende desenvolver. Essa classifica-

ção é importante para definir as formas de fomentar e apoiar os desenvolvimentos intermediários até o desenvolvimento e a qualificação final da tecnologia para voo.

Dessa forma, faz-se necessário, além de dar ao setor industrial a oportunidade para fornecer, reproduzir e aperfeiçoar projetos e tecnologias já desenvolvidas, também apoiar e fomentar o desenvolvimento de sistemas completos, que, além de contribuírem para a consecução dos objetivos do PNAE, promovam o aumento da capacitação tecnológica e, conseqüentemente, do nível de envolvimento do setor industrial nos projetos. O desenvolvimento e o fornecimento de novos sistemas baseados em micro e pequenas plataformas de satélites e em veículos lançadores de pequena capacidade constituem exemplos que poderiam ser integralmente contratados ao setor industrial. Vale destacar recente iniciativa nesse sentido, concretizada pelo projeto do Satélite de Reentrada Atmosférica (Sara) suborbital, com desenvolvimento inteiramente contratado à indústria nacional.

O que tem faltado à indústria espacial em termos de apoio e fomento pode ser, resumidamente, dividido em duas partes, considerando-se a manutenção dos mecanismos dessa natureza já existentes:

- encomendas tecnológicas; e
- maior volume e regularidade nas contratações realizadas para os projetos operacionais.

A modalidade de apoio “encomenda tecnológica” consiste na possibilidade da contratação simultânea de uma fase de desenvolvimento de um mesmo objeto contratual a uma ou mais empresas, com a possibilidade de, ao término da execução da fase de desenvolvimento contratada, avaliar os resultados alcançados e eliminar das próximas fases de desenvolvimento empresas com resultados insatisfatórios. Isso possibilitaria o desenvolvimento, em bases competitivas, de novas tecnologias e equipamentos pelo setor privado nas áreas estratégicas para o programa, oferecendo oportunidades para o surgimento e a consolidação de novas empresas, bem como o fortalecimento das já existentes.

As encomendas tecnológicas podem ser utilizadas para promover o desenvolvimento e o crescimento de forte base industrial no setor espacial brasileiro, por meio do aumento do nível do envolvimento do setor industrial tanto nos grandes projetos mobilizadores, como o Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS) e o Veículo Lançador de Satélites (VLS), quanto nos projetos de menor envergadura, como o Satélite Amazônia e os Foguetes de Sondagens, com destaque para o VSB-30. Ressalta-se que

este é o primeiro foguete brasileiro qualificado e certificado para voar no continente europeu, que já conta com histórico maior que 10 voos consecutivos, todos bem-sucedidos.

Outra iniciativa que também pode contribuir para prover maior capacitação ao setor industrial e, também, maior dinamismo ao Programa Espacial Brasileiro seria promover, por meio de encomendas tecnológicas ao setor industrial, a atualização dos sistemas espaciais anteriormente desenvolvidos no âmbito do programa. Por exemplo, a atualização do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais e a reposição dos Satélites de Coleta de Dados (SCD), com melhorias tecnológicas e novas funcionalidades, como, por exemplo, a identificação automática a bordo do sinal recebido de dada plataforma no solo, permitindo ampliar muito o espectro de suas aplicações.

Por que não retomar com força, por meio da utilização de mecanismos de apoio do tipo encomenda tecnológica, o desenvolvimento dos microssatélites tecnológicos para fins de desenvolvimento, demonstração e qualificação em órbita de tecnologias desenvolvidas, tanto nos institutos de pesquisas e universidades como no setor industrial, e apoiar o desenvolvimento com participação industrial de veículos lançadores nacionais para micro e pequenos satélites, utilizando tecnologias de propelente sólido para os estágios inferiores e de propelente líquido para os estágios superiores?

Finalmente, o desenvolvimento de novos grandes projetos mobilizadores na área de satélites, como os geoestacionários, e na área de veículos lançadores, como os lançadores de grande capacidade para órbitas geoestacionárias, deve considerar, desde a sua concepção, o envolvimento da indústria nacional nos níveis sistêmicos mais elevados e nos fornecimentos mais simples de produtos e serviços que possam ocorrer. Somente dessa forma, os recursos nacionais destinados ao Programa Espacial Brasileiro estarão realmente sendo revertidos em prol do desenvolvimento de verdadeira capacidade industrial espacial no País.

Acredita-se que, com vontade política para tomar as iniciativas e as decisões necessárias, para que ocorra efetiva coordenação e alinhamento da política do programa com as suas ações executivas – procurando provê-lo de maior dinamismo e fortalecimento das parcerias institucionais com a indústria espacial brasileira; de novos mecanismos de apoio financeiro e contratação ao setor industrial; e de novos indicadores tecnológicos para avaliação, definição e graduação das tecnologias estratégicas a serem desenvolvidas e contratadas ao setor industrial, para prover a tão almejada autonomia e independência tecnológica –, certamente o Programa Espacial Brasileiro proporcionará ao País um cenário de realizações e de conquistas bastante diferenciado do passado recente e da realidade atual.

Cenários futuros

Vislumbra-se que, num cenário a ser desenvolvido nos próximos 10 ou 12 anos, o País possa dispor de um veículo lançador de satélites para órbitas baixas (LEO) e esteja caminhando a passos largos para a conclusão de um veículo lançador de grande porte para órbitas geoestacionárias (GEO).

Na área de micro, pequenos e médios satélites, vislumbra-se que o País tenha dominado completamente as tecnologias de plataformas de serviço de satélites, incluindo-se tecnologias de sensores, atuadores e de controle, o que proporcionará a autonomia tecnológica para a realização de vasta gama de missões científicas e tecnológicas. Também que o País tenha desenvolvido e dominado as tecnologias para as plataformas de médio porte, o que também proporcionará amplo horizonte para o desenvolvimento de missões de observação da Terra com cargas úteis ópticas e de imageadores radar.

Na área dos grandes satélites, sem dúvida, vislumbra-se o desenvolvimento de satélites geoestacionários de telecomunicações e meteorológicos. Nesses casos, o País deverá dispor de empresas nacionais com capacidade de engenharia de sistemas e porte suficientes para atuar como contratante principal (*main contractor*) do sistema como um todo. Podem ser imaginados para esses satélites índices de nacionalização superiores a 60%, no caso de efetivamente ser desenvolvida uma capacidade industrial espacial no País ao longo dos próximos 10 ou 12 anos.

Caso o Programa Espacial Brasileiro consiga, até o ano de 2022, dotar o País das tecnologias e dos produtos mencionados, certamente terá sido dado um enorme passo para o estabelecimento de desafios estratégicos ainda maiores nos futuros planejamentos.

Este artigo expressa as opiniões do seu autor e possui, como único propósito, prestar sua modesta contribuição para o crescimento e o desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro e do seu setor industrial.

Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO AEROESPACIAL BRASILEIRA. *A visão da Associação Aeroespacial Brasileira para o Programa Espacial Brasileiro*. 2010 (versão preliminar em elaboração).

CHAMADA PÚBLICA MCT/FINEP/Subvenção Econômica à Inovação 01-2006/01-2007/01-2008/01-2009/01-2010. Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/subvencao_economica/subvencao_economica_resultado.asp?codSessao=8&codFundo=24>. Acesso em: 12 ago. 2010.

HISTÓRIA do Programa Espacial Brasileiro. *Boletim Agência Inovação Unicamp*. Disponível em: <<http://www.inovacao.unicamp.br/politicact/politicact-alc-historia.shtml>>. Acesso em: 12 ago. 2010.

JORNAL da Câmara de 29/06/2010.

PIVA queria ver o conhecimento sair do CTA e ir para as indústrias. *Boletim Agência Inovação Unicamp*, 2003. Disponível em: <<http://www.inovacao.unicamp.br/politicact/politicact-alc-piva.shtml>>. Acesso em: 12 ago. 2010.

REVISTA Tecnologia e Defesa. 12/2/2010.

TUTA, A.A.A. de Carvalho. *Ninguém faz sucesso sozinho*. 1. ed. Escrituras, 2009. 462 p.

VAZ, Célio Costa. *Reestruturar, organizar ou dinamizar o Programa Espacial Brasileiro*.

PAINEL 2

**VEÍCULOS LANÇADORES
DE SATÉLITES E SUA
INFRAESTRUTURA**

PALESTRAS

O PROJETO CYCLONE-4, DA ALCÂNTARA CYCLONE SPACE, E A CRISE DAS POLÍTICAS ESTRATÉGICAS

*Roberto Amaral**

O desafio da conquista espacial, se é apaixonante, na mesma medida é espinhoso, porque, entre o sonho indispensável para o fazer e a realidade objetiva, inafastável, não são poucos os obstáculos pontuando nossa caminhada, que exige esforço e exige humildade para enfrentar incompreensões e até mesmo resistências, umas claras, outras dissimuladas, mas ambas difíceis de vencer.

Não posso falar de flores, porque relativamente ao Programa Espacial, no que diz respeito a foguetes e a sítios de lançamento de veículos espaciais, não fomos condecorados com as facilidades que, parecidos, estão prestigiando outros empreendimentos. Portanto, se não posso falar de grandes sucessos, relatarei muitas dificuldades, pensando estar contribuindo para a tomada de consciência da necessidade de mudar a política espacial brasileira e, principalmente, a sua gestão.

A experiência que recolho do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e a experiência atual, que resulta do esforço de constituir a binacional Alcântara Cyclone Space (ACS), levam-me a reflexão pouco animadora quando me deparo com o inventário de óbices (na sua maioria criados dentro da própria estrutura estatal) que enfrentamos nestes três anos e pouco de vida, severina, da ACS. Essa reflexão me diz que, se há um Estado apto a fazer, há outro Estado, olímpico, cuja única tarefa é dificultar o trabalho dos que têm a missão do fazer. Esse Estado, assim esquizofrênico, não é fruto de si mesmo, pois é o resultado de uma série de deformações que remontam à sua própria formação. De um lado, questões de ordem cultural, condizentes com nossa visão tacanha de país; de outro lado, questões de ordem estrutural, que dizem respeito à fragilidade instrumental do próprio Estado pós-neoliberalismo, convenientemente desaparelhado para administrar seus interesses estratégicos. O fato objetivo é que o

* Cientista político, jornalista, escritor e professor universitário, foi ministro de Ciência e Tecnologia (2003-2004). Autor de várias publicações nas áreas de ciência política, direito e comunicação, lecionou na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e na Universidade Gama Filho. Atualmente, é professor adjunto licenciado da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ) e trabalha como diretor-geral da binacional ucraniano-brasileira Alcântara Cyclone Space (ACS), empresa criada com o objetivo de promover o lançamento de foguetes comerciais de Alcântara, no Maranhão.

Estado despreparado para o mister estratégico jaz sem condições de eleger suas prioridades e novos ritos administrativos a elas adequados. O pano de fundo pode ser certo viés ideológico, dizendo-nos que determinados projetos, curiais entre os desenvolvidos, estão interditados aos países em desenvolvimento ou emergentes. Essa cultura remonta à nossa formação de país e povo, assim, lamentavelmente nessa ordem, com as alienadas classes dirigentes nos impondo uma visão colonizada do mundo. É evidente que sabemos organizar o carnaval carioca, a queima de fogos de Copacabana no *réveillon*, talvez tenhamos até – mas há quem duvide! – condições para organizar uma Copa do Mundo de futebol e uma Olimpíada. Mas envolver-nos com energia nuclear ou com programas espaciais, ah! não, isso não é para nós, que nascemos e fomos criados como exportadores de *comodities* primárias (do café à soja), alimento em grão e minério *in natura*.

Daí pensarmos em projeto nacional com fundamento em nossas próprias forças, cogitarmos da possibilidade de desenvolvimento econômico, ansiarmos pelo progresso, tornarmo-nos mesmo uma potência (a não ser no futebol), ah! isso nos foi sempre interditado. Ainda há os que, mesmo em funções de Estado, não entendem o esforço nacional visando à construção de nossos próprios satélites e nossos próprios foguetes, como há os que não entendem a insistência brasileira em desenvolver seu programa nuclear com tecnologia própria, fabricar seu submarino, fabricar seus aviões.

Pois há, igualmente, os que não compreendem (ou fingem não compreender) que segurança e autonomia estejam no eixo de nossas políticas de defesa nacional.

A Estratégia Nacional de Desenvolvimento confunde-se com a Estratégia Nacional de Defesa e desse encontro resulta o projeto de independência nacional, assentado no tripé: i) mobilização de recursos físicos, econômicos e humanos, para o investimento no potencial produtivo do País; ii) “capacitação tecnológica autônoma, inclusive nos estratégicos setores espacial, cibernético¹ e nuclear”; e iii) “democratização de oportunidades educativas e econômicas e pelas oportunidades para ampliar a participação popular nos processos decisórios da vida política e econômica do País”².

1 O setor cibernético compreende as tecnologias relacionadas à automação, eletrônica, informática e microeletrônica.

2 Estratégia Nacional de Defesa. Brasil. Brasília. 2008. p. 9. O desenvolvimento dos setores cibernético, espacial e nuclear, pelos países denominados “emergentes”, categoria na qual nos incluiríamos, enfrenta a notória resistência das nações desenvolvidas detentoras dessas tecnologias, o que decorre de óbvias questões econômicas (aumento da concorrência e eventual perda de mercados consumidores), geopolíticas (ameaça aos equilíbrios de forças e influências regionais) e de segurança (ameaça de aplicações militares).

E qual é o nosso projeto?

O “caso” ACS configura-se na convergência de interesses estratégicos de dois países. Como todos sabemos, dispomos, não apenas em Alcântara, mas em todo o Norte e Nordeste brasileiro, da melhor área do planeta para lançamentos de foguetes. Por duas razões muito simples:

i) na região de Alcântara (Maranhão), por exemplo, estamos a 2,2 graus e no litoral do Ceará a 3,8 graus ao sul do Equador (Kourou, na Guiana, onde se localiza o centro de lançamentos europeu, a segunda melhor colocação, está a 5 graus ao norte), o que confere, a qualquer objeto na superfície, uma velocidade tangencial elevada, ou seja, um impulso inicial muito favorável aos lançamentos equatoriais, como é o caso dos satélites de comunicação. Isso se traduz em aumento da capacidade de transporte dos lançadores, tornando-os mais competitivos em comparação com lançamentos em latitudes mais elevadas, isto é, mais distantes do equador;

ii) em frente ao nosso litoral, temos ampla e desabitada área marítima, o que é essencial para fins de segurança. Assim, os lançamentos podem percorrer trajetórias mais simples, “planas”, e colocar diretamente satélites em órbita, praticamente sem necessidade de manobras, ao contrário de todos os outros centros de lançamento. Por força disso, pensou-se, pensam alguns visionários, que detemos todas as condições de montar um grande complexo espacial-científico. A ideia inicial era ter ao lado do atual Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), operado pela Força Aérea e destinado ao VLS, mais três sítios de lançamento espacial, capazes de operar com outros veículos, além daqueles já em desenvolvimento pelo programa autônomo. Um deles seria o Cyclone-4, da ACS. E teríamos, como retaguarda desses sítios, e em função deles, um parque de empresas de apoio às atividades espaciais, assim como instituições de ensino e pesquisa de tecnologia pura e de tecnologia de ponta. Ainda como efeito dessa revolução técnica na região, as atividades industriais e de serviços favoreceriam, substancialmente, o desenvolvimento do potencial turístico da região alcantareense e ludovicense.

Lembremo-nos de que, em 1980, a concepção do CLA previa sua implantação em uma vasta área de 62 mil hectares, dos quais apenas 20 mil seriam propriamente utilizados para fins operacionais (o restante seria para realocação de pessoas, reservas naturais e a fixação do parque de apoio industrial). As vastas extensões de terra são um imperativo de segurança, como sói ocorrer nos principais centros de lançamento mundiais. Dentro dessa área operacional do CLA, foi alocada para a ACS uma área de 1.298 hectares e um futuro porto.

Daí em diante, o ideal começa a afastar-se da realidade. Uma entidade do Estado brasileiro, o Incra, decidiu que, no município de Alcântara, havia um gigantesco território quilombola. Cerca de 90% do território do atual município. Ficaram de fora a pequena sede, com sua arquitetura colonial ameaçada pelo desamparo, e a área atualmente ocupada pelo CLA da Aeronáutica. Quais as consequências disso? Primeira: a ACS foi despojada de sua área. Segunda: o CLA, cuja concepção original previa dezenas de milhares de hectares, viu-se reduzido a menos de uma dezena de milhar de hectares e perdeu toda e qualquer possibilidade de expansão.

Entre outras muitas questões que poderiam ser tratadas, cito algumas poucas que bem demonstram as dificuldades antepostas aos projetos estratégicos brasileiros. As condições de acesso configuram um caso exemplar. A área do CLA (onde se está instalando a ACS em terreno alugado à Aeronáutica) está encravada no assim chamado território quilombola, de que resulta o acesso às áreas operacionais estar condicionado ao trânsito por esse território, trânsito de pessoas, de equipamentos e de materiais, algumas vezes substâncias perigosas (como os componentes de propelente, hidrazina e tetróxido) circulando por áreas povoadas. Além disso, o Ministério dos Transportes, que administrava a construção do porto, esqueceu-se de alocar a respectiva verba³. Por tal e incrível razão, para podermos garantir a chegada e desembarque de materiais e equipamentos, seremos obrigados a utilizar um atacadouro rudimentar, localizado a mais de 50 quilômetros do sítio da ACS. Para tanto, vimo-nos na contingência de melhorar todo esse caminho. Estamos reconstruindo, com recursos da AEB, a estrada que liga Cujupe a Alcântara.

E o foguete (de 24,5 a 35ton, quando não carregado) virá de Dnepropetrovsk (Ucrânia) a Alcântara de avião, a um preço hoje estimado de U\$ 1 milhão e 700 mil.

Antes, nosso maior adversário, ao lado de algumas ONGs estrangeiras, era um órgão brasileiro chamado Fundação Palmares (Ministério da Cultura). Munida de argumentos que, em princípio, visariam à defesa das populações remanescentes de quilombos e a preservação de valores culturais, muitos foram os obstáculos apresentados à implantação da ACS. As poucas cem famílias que seriam diretamente afetadas pela implantação do sítio da ACS, mas que viam nisso uma perspectiva de melhoria das condições locais, acabaram sendo mobilizadas para impedir os primeiros estudos de campo (refiro-me ao bloqueio de fevereiro de 2008). E como se não bastasse isso, não nos foi permitido permanecer na área antes cedida pelo governo federal. O juiz da 5ª Vara Federal do Maranhão nos deu 24 horas para

³ Na proposta orçamentária para 2011, encaminhada ao Congresso, também não há previsão de recursos para a construção do Porto.

sairmos de lá, da área anteriormente cedida pelo Estado brasileiro, daí a necessidade de nos instalarmos no seio do CLA, o que demandou largos meses de negociações. Ao todo, nessa operação foram consumidos 14 meses entre o bloqueio de nossa área e a liberação pela justiça, e cerca de um ano gastamos em negociações com o Ministério da Defesa, negociações levadas a bom termo, o que resultou na disponibilidade de uma área, nossa atual área, de 462 ha (a original era de 1.298 ha).

Ainda assim, estamos muito gratos à Força Aérea, pois nos acolheu no pouco espaço que lhe resta. Foi ela quem salvou o projeto, mas saímos de uma área em que dispúnhamos de acesso livre para uma área em que o acesso é subordinado a lógicas, normas e regras militares, muitas vezes incompatíveis com projetos industriais. Inclusive, agora, estamos reunindo-nos com os companheiros do CLA, porque, finalmente!, tiveram início as obras e temos de fazer um cadastramento de todos os técnicos, de todos os empregados da ACS transferidos e dos operários (estimados 1.500 no pique das obras) das empresas contratadas para a construção do sítio, bem como temos de definir sistemáticas de controle que conciliem nossas necessidades de acesso com os ditames de segurança daquele centro militar.

Quando nos voltamos para a gênese da corrida espacial, vemos quão distintas foram as ações que viabilizaram o sonho, as necessidades e a realização das aspirações estratégicas. A Rússia começou seu programa espacial em 1950, o Brasil em 1961. Chegamos a 1988 com a Rússia lançando veículos reutilizáveis. Os Estados Unidos, que começaram também na mesma década, há muito operam naves e estações espaciais tripuladas, além de vasto leque de sondas que exploram o sistema solar e o espaço profundo. Os avanços desses países protagonistas, motivados pela guerra fria e por suas necessidades econômicas, foram cumulativos e espetaculares. Mas foram somente eles, além de Japão e países Europa, como a França, os únicos atores no cenário espacial?

Há outros programas espaciais que também despertam a atenção. A China, por exemplo, começa em 1956. E em 2003 já levava o homem ao espaço. A Índia já lançou satélites e sondas, o mesmo ocorrendo com Israel. A Coreia, após o insucesso com seu primeiro lançamento em 2010, está na iminência de ser o mais recente país a adentrar o “clube dos lançadores”. Até a Coreia do Norte e o Irã estão à nossa frente. Nossa primeira atividade como lançadores de foguete data de 1965. Avançamos com uma família de veículos de sondagem suborbitais. Produzimos e operamos satélites de pequeno e médio portes. Nosso lançador de satélites, no entanto, ainda não vingou, após nada menos de 30 anos de esforços despendidos. Por que isso? Somos incompetentes, ou Deus não gosta dos brasileiros? A resposta é simples: somos o 23º investidor em programa espacial se considerarmos o PIB de cada país. Os recursos

alocados para investimento no programa espacial brasileiro não passam de 0,010% do nosso PIB, ou seja, cerca de dez vezes menos que a França, que a Rússia e que a China.

Vejamos nossa situação em face dos BRICs. A Rússia investiu, em 2009, US\$ 2 bilhões e 400 milhões em seu programa espacial, e estamos com apenas US\$ 164 milhões. Ainda é muito pouco, mas temos de reconhecer: os investimentos, que vinham em linha decrescente, foram retomados no início desta década, uma inversão conduzida pelo governo do presidente Lula. Quando do acidente do VLS, dei entrevista como ministro de Ciência e Tecnologia, afirmando que o projeto de VLS havia sido atingido mortalmente pela dieta de recursos. Fui criticado por todo o mundo, inclusive por colegas de governo. Neste texto, repito aquela afirmação, agora respaldado em dados irrespondíveis, conforme mostram a figura seguinte, de distribuição dos recursos de 1980 a 2009 (o acidente, como sabemos, foi em 2003), e as conclusões a que chegou a Comissão Parlamentar de Inquérito da Câmara dos Deputados, convocada para apurar as causas do acidente.

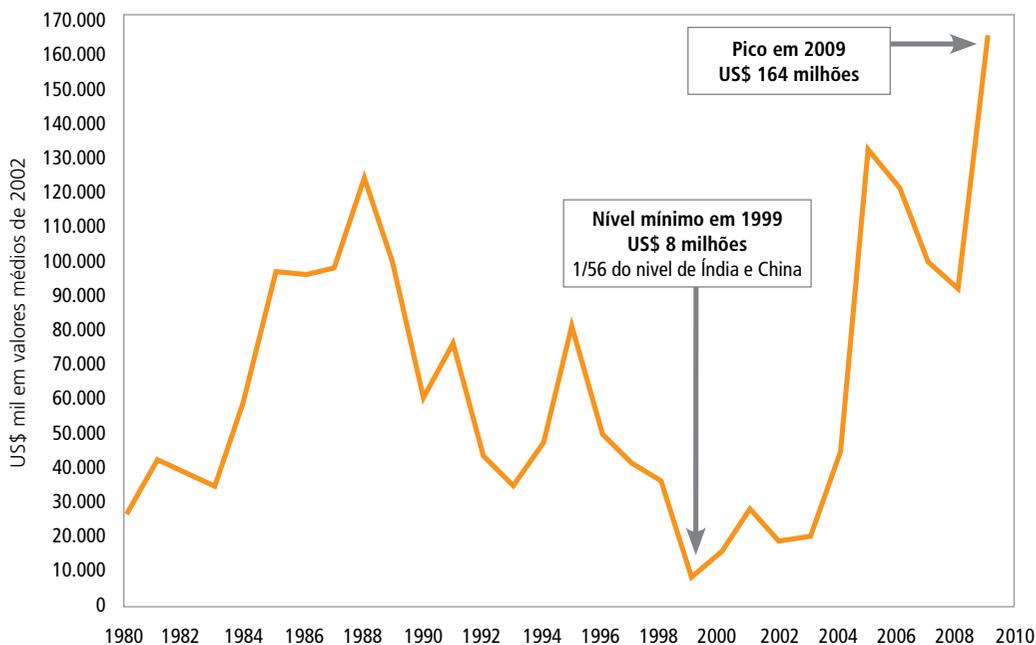


Figura 1 – Dispêndio com o Programa Espacial Brasileiro (e não com a ACS)

Fonte: Roberto Amaral, 2010.

Somente no período 1985-1989, os investimentos se concentraram nos três segmentos de atividade – satélites, veículos e centros de lançamento – com uma média anual de US\$100 milhões. Daí em diante, penúria! Em 1990, os investimentos caíram para US\$ 57 milhões e, em 1999, não passaram de US\$ 9 milhões e 900 mil. Ao todo, o País gastou, de 1980 a 2002 (véspera do lançamento do VLS), apenas US\$ 530 milhões e 200 mil. Como pensar seriamente em lançar nosso VLS se, a cada ano, o governo reduzia os investimentos? De US\$ 27 milhões e 500 mil em 1995, caíram para US\$ 18 milhões e 700 mil em 1996, para US\$ 11 milhões e 271 mil em 1997, para US\$ 10 milhões e 408 mil em 1998 e, finalmente, para US\$ 3 milhões e 700 mil em 2002. Em 1999, o governo havia tido o deslante de só aplicar US\$ 1 milhão e 600 mil!

Eis o resumo da atenção que estamos dando aos projetos estratégicos. Em 26 anos de desenvolvimento do VLS, que seria o nosso primeiro veículo satelizador, fizemos três tentativas, três insucessos. O esforço terá sido inútil? Decerto que não, pois muito se aprendeu e se avançou. Mas o acidente comprometeu o ritmo e lançou dúvidas sobre diversos aspectos do projeto. E como temos reagido? Qual a massa crítica de pesquisadores, engenheiros e técnicos que possuímos para aprender com as falhas, revisar projetos, divisar soluções? Qual o efetivo envolvimento sustentável da indústria que conseguimos realizar? A inanição a que os projetos estratégicos são submetidos leva a esse arrastar de poucos resultados e ao abandono de profissionais e empresas. Vejamos, também, o caso do submarino de propulsão nuclear: estamos há 21 anos desenvolvendo e agora, dependendo de uma cooperação com a França, devemos esperar por mais uma década, pelo menos. Certamente, há que se repensem a forma e a firmeza com que devem ser conduzidos os projetos estratégicos, algo que suplanta os períodos governamentais e requer décadas de investimentos em gerações de profissionais, em entidades de formação e pesquisa, em infraestrutura laboratorial, em parque de indústrias com continuidade de demanda.

O que é o encontro do Brasil com a Ucrânia?

A Ucrânia tem um dos melhores foguetes do mundo, mas, por questões geográficas, não dispõe de sítio de lançamento e não pode ter sítio de lançamento, porque não tem como fazer lançamentos sem que seu foguete sobrevoe outros países, descartando seus diversos estágios. A Ucrânia, então, presentemente, é obrigada a lançar seus foguetes dos sítios da Rússia e do Casaquistão: Plesetsk e Baikonur. De nossa parte, temos excelentes áreas (como vimos em linhas passadas) para a localização de sítios de lançamentos, mas não temos foguete. Eis o que se chama de encontro de interesses. A ACS é uma

empresa de transporte espacial que pode, além de atender aos interesses diretos dos dois países, concorrer, com vantagens, no rico mercado de transporte de satélites mundial.

É óbvia a importância de satélites, mas satélite não é neutro, não é para uso apenas civil, não é apenas para uso meteorológico, é para quase tudo. Inclusive para levantamento de informações estratégicas, para vigiar fronteiras, para vigiar nossos mares e nossas plataformas de petróleo, para orientar movimentação de polícia e de exército, para orientar ações militares e armas teleguiadas, para garantir o funcionamento do novo sistema de controle de tráfego aéreo CNS/ATM.

O Programa Espacial, em qualquer parte do mundo, é dual, daí a dificuldade de a burocracia compreender o seu verdadeiro desafio. A questão refere-se não ao uso unicamente comercial de nossos lançadores, mas, sim, à soberania, já que somos objeto da espionagem satelital. Se não tivermos a capacidade de lançar de solo brasileiro, com foguete brasileiro, nossos satélites, sejam eles quais forem, não teremos condições de garantir a soberania do nosso país.

A INFRAESTRUTURA DOS LANÇAMENTOS

*João José Silva Tavares**

Sou Coordenador de Centro de Lançamentos, subordinado à Diretoria de Transporte Espacial e Licenciamento (DTEL), da Agência Espacial Brasileira.

Apresentarei rapidamente os principais aspectos relacionados com a estratégia de conservação e modernização da infraestrutura e dos equipamentos dos Centros de Lançamentos de Alcântara e da Barreira do Inferno. Abordarei esse assunto com a visão do administrador que fui durante os quatro anos em que servi no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), e não como pesquisador, nem como engenheiro. Foram dois anos como chefe da Divisão de Infraestrutura e dois como vice-diretor, anos de muito trabalho e aprendizado.

Vou mostrar um pouco do que está acontecendo, hoje, em relação às obras e à implantação de sistemas, para que todos tenham ideia do que se constitui a infraestrutura dos centros de lançamento. Sei que a grande maioria dos presentes é especialista, mas, com certeza, aqui há pessoas que não são da área espacial.

As prioridades hoje, no que se refere à infraestrutura dos centros, são a consecução das obras, a implantação dos sistemas e a aquisição de equipamentos para apoio ao Programa Binacional Cyclone 4 e ao Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), por meio do Veículo Lançador de Satélites (VLS) e de foguetes de sondagem.

* Formado pela Academia da Força Aérea, o Cel R1 João José Silva Tavares foi vice-diretor do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA). Atualmente é diretor adjunto de Transporte Espacial e Licenciamento (DTEL) da Agência Espacial Brasileira (AEB), responsável pela coordenação e supervisão dos projetos e atividades relativos a foguetes, veículos lançadores e centros de lançamento, estimulando a participação do setor produtivo, além de promover iniciativas de comercialização de bens e serviços espaciais.

A adequação da infraestrutura de lançamento, em decorrência do acordo binacional e da necessidade de prestação de serviços ao lançamento do Cyclone-IV, tem sido priorizada, com aporte de significativos recursos nos últimos anos.

No âmbito do CLA, setores, como a sala de controle, a casamata e outras posições operacionais que remontam à época da sua construção, estão sendo ampliados e modernizados.

Está sendo instalado um radar perfilador, que permitirá o monitoramento da intensidade e direção do vento, de 80 metros até 17 quilômetros de altitude, sistema este de fundamental importância para as operações de lançamentos.

Está sendo implantado também um sistema integrado de dados meteorológicos, que receberá dados do radar meteorológico, dos balões meteorológicos, dos sensores de campo magnético e de outros sensores, que, após serem processados, serão disponibilizados para uso operacional.

A Torre Móvel de Integração (TMI), destruída quando do acidente com o VLS em 2003, está sendo reconstruída e ficará pronta em dezembro de 2010.

Adicionalmente, ainda neste ano, temos a previsão de iniciar e dar continuidade, entre outros, aos seguintes projetos:

- a) serviços de correção e adaptação do sistema de aterramento do CLA, seguindo recomendações do relatório de investigação do acidente ocorrido com o VLS;
- b) instalação da rede de transmissão de dados;
- c) instalação de sistema de rastreamento óptico;
- d) desenvolvimento e implantação do sistema de controle operacional e disparo;
- e) aquisição de nova antena de telemetria; e

f) aquisição de foguetes de treinamento – em 2010, teremos sete lançamentos desses foguetes de treinamento nos dois centros.

Com relação ao Centro da Barreira do Inferno (Natal, RN), os investimentos estão sendo priorizados para a modernização também da sala de controle, a exemplo do que está sendo feito no Centro de Lançamento de Alcântara.

Mencionei os foguetes de treinamento para que todos tenham ideia da sua importância. Eles são desenvolvidos pela indústria nacional e permitirão que os centros de lançamento tenham uma cadência de atividade regular, que concorre para a contínua manutenção de suas infraestruturas e a operacionalidade do seu pessoal. Com maior frequência de lançamentos, é possível constatar problemas na infraestrutura que impedem ou impactam as operações maiores. Com esses foguetes de treinamento – neste ano o Centro de Lançamento de Alcântara lançará quatro e o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno, três –, a cadência de operações de lançamento fica regular e a infraestrutura, mantida. Estrategicamente, os foguetes de treinamento constituem-se em ferramenta que muito contribuirá para a manutenção e – por que não afirmar – para a atualização técnica da infraestrutura de lançamento.

Os recursos para a manutenção dos centros são oriundos do Programa Nacional de Atividades Espaciais em duas ações: a 2460 e a 7F40. A 2460 é específica para a manutenção da infraestrutura dos centros. A 7F40 é decorrente do Acordo Binacional entre Brasil e Ucrânia e está voltada para a complementação do CLA para atender ao Cyclone-IV e evidentemente, em visão mais ampla, para atender aos lançamentos comerciais no futuro.

Para a manutenção dessa infraestrutura operacional, segundo visão prospectiva, concebem-se os centros como prestadores de serviços.

A prestação de serviços pode ser decorrente de acordos internacionais, cujos compromissos assumidos o País precisa cumprir, que podem ser de interesse nacional ou de outra demanda.

Em visão mais ampla, a exploração comercial dos centros é, estrategicamente, a saída a ser buscada para a obtenção dos recursos orçamentários requeridos para a manutenção da infraestrutura. Ainda que a totalidade desses recursos seja algo difícil de conseguir, chegará o dia em que a exploração comercial gerará a maioria dos recursos necessários à manutenção da infraestrutura dos centros.

Os serviços a serem prestados, comercialmente, incluem desde a preparação até o lançamento em si, incluindo o rastreamento do foguete e, quando for o caso, a recuperação da carga útil. Podem ser oferecidos e explorados comercialmente até serviços considerados não técnicos (logística), como alimentação, transporte, hospedagem e saúde, os quais, como no caso de Alcântara, pela localização e recursos disponíveis na região, somente o próprio Centro de Lançamento pode prover.

Finalmente, de forma estratégica, faz-se necessário que as áreas anteriormente previstas para o complexo espacial de Alcântara – que hoje o Programa Espacial está impossibilitado de utilizar – sejam disponibilizadas para expansões futuras.

ESTRATÉGIA DE FORMAÇÃO, CAPACITAÇÃO, TREINAMENTO OPERACIONAL E RETENÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

*Reginaldo dos Santos**

Antes de iniciar a apresentação, lembro a todos um artigo publicado no jornal *A Folha de S.Paulo*, em 21 de junho passado, apresentando dados obtidos da Confederação Nacional da Indústria (CNI). O texto diz o seguinte: “O País perde US\$ 15 bilhões com a má-formação de engenheiros. A CNI calcula que 150 mil vagas não terão como ser preenchidas até 2012. E mais ainda, que, dos 150 mil alunos que ingressam em cursos de engenharia, apenas 30 mil se formam, e desses 30 mil o Brasil forma menos de 10 mil com competência”. Colocação que nos assusta, porque o setor espacial é dependente da disponibilidade de engenheiros no mercado de trabalho e, por ser uma atividade nova no País, precisa contar com engenheiros bem formados.

O Brasil começou a interessar-se pelas atividades espaciais a partir dos primeiros sucessos dos programas americanos e soviéticos, no final dos anos 1950. Foi no Centro Técnico de Aeronáutica, em São José dos Campos, que o País deu os primeiros passos com a criação, em 1961, pelo presidente Jânio Quadros, do Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (Gocnae), do qual foi seu primeiro diretor o coronel da Aeronáutica Aldo Vieira da Rosa e cuja instalação foi em terreno cedido pelo CTA. O Gocnae foi subordinado ao CNPq, passou a denominar-se Cnae em 1963 e, em 1971, foi transformado no Instituto de Pesquisas Espaciais (Inpe). As primeiras preocupações do Gocnae foram com aeronomia, geodésia, magnetismo e meteorologia.

Tenente-brigadeiro do ar da reserva da Força Aérea Brasileira, é engenheiro eletrônico formado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e recebeu menção honrosa “Summa cum Laude” (lâurea máxima concedida pelo Instituto). Possui mestrado em Engenharia e doutorado em Ótica Aplicada, ambos pela Purdue University, Estados Unidos. Exerceu diversos cargos, com destaque para os de diretor do Instituto de Estudos Avançados (IEAv), diretor do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), diretor-geral do Departamento de Pesquisas e Desenvolvimento (Deped), do Comando da Aeronáutica, e Conselheiro Militar do Brasil junto às Nações Unidas, em Nova Iorque, EUA. Atualmente, é reitor do Instituto Tecnológico de Aeronáutica.

O Inpe passou à subordinação do Ministério da Ciência e Tecnologia em 1985 e, em 1990, teve sua denominação alterada para Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

O Ministério da Aeronáutica, atual Comando da Aeronáutica, desde 1961, vem dedicando atenção à área espacial. As primeiras iniciativas foram voltadas à implantação de um campo para lançamento de foguetes e ao desenvolvimento de pequenos foguetes para sondagem meteorológica. Em 1963, foi formado um grupo para verificar a possibilidade de a Aeronáutica ter envolvimento maior com atividades espaciais, o que resultou no estabelecimento, em 1964, e na criação formal, em 1966, do Grupo de Trabalho de Estudos e Projetos Espaciais (Getepe), subordinado ao Estado-Maior da Aeronáutica. O trabalho inicial do grupo foi a implantação do Campo de Lançamentos da Barreira do Inferno (CLBI), próximo à cidade de Natal, RN.

No Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento do CTA, a Divisão de Atividades Especiais (DAE) foi criada para realizar pesquisas e o desenvolvimento de foguetes. O Getepe e a DAE foram reunidos em 1969, formando o Instituto de Atividades Espaciais, ano em que o CTA passou à denominação de Centro Técnico Aeroespacial.

Com o objetivo de coordenar as atividades espaciais no País, foi criada, em 1971, a Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (Cobae), que era interministerial, vinculada ao Estado-Maior das Forças Armadas (Emfa) e presidida pelo Ministro Chefe do Emfa.

A Cobae criou, em 1979, a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), que atribuía ao Inpe o desenvolvimento de satélites de coleta de dados e seu segmento de solo; ao Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) o desenvolvimento do Veículo Lançador de Satélites; e ao Centro de Lançamento de Alcântara a implantação da plataforma de lançamento. Esse foi, de fato, o primeiro Programa Espacial Brasileiro com característica de grande porte e longo prazo.

A Cobae foi extinta em 1994. Em seu lugar foi criada a Agência Espacial Brasileira (AEB), autarquia federal vinculada à Presidência da República, com o objetivo de dar maior transparência, comando civil e melhor organização ao Programa Espacial. Atualmente, a AEB está vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia.

Voltando aos anos 1960, para atender às necessidades em pessoal na condução dos projetos em andamento, técnicos do CTA foram treinados montando e lançando foguetes de sondagem americanos no CLBI e em campos de lançamentos americanos. Ao mesmo tempo, foram enviados técnicos e engenheiros para cursos de especialização em áreas relacionadas com o desenvolvimento de foguetes e a operação de centros de lançamento, principalmente na França. Mais tarde, o interesse demonstrado pela Agência Espacial Europeia na utilização do CLBI para rastreamento dos foguetes Ariane facilitou o treinamento de técnicos brasileiros em Kourou, na Guiana Francesa. O Inpe, por sua vez, enviou pesquisadores ao exterior para a formação de mestres e doutores em suas áreas de interesse. Como decorrência natural e em virtude da não existência no País de cursos específicos na área espacial, o Inpe criou, em 1968, um programa de pós-graduação para a formação de mestres e doutores que viessem atender a seus projetos de pesquisa.

Em 2004, em face do bom relacionamento do ITA com o Instituto de Aviação de Moscou, a AEB, por meio do IAE, financiou um curso de mestrado profissional em Engenharia Aeroespacial, no ITA, para funcionários civis e militares do CTA e aberto a engenheiros da comunidade técnico-científica. O curso certificou mais de 80 mestres profissionais até sua interrupção em 2010.

A questão que se coloca neste momento é saber se o esforço feito na formação de recursos humanos tem sido suficiente para garantir a sustentabilidade do Programa Espacial e que medidas poderiam ser adotadas para se reforçar e avançar com maior vigor nas áreas identificadas como prioritárias.

É de se lembrar que os programas espaciais dos países em desenvolvimento, que despertaram para o assunto na mesma época em que o Brasil despertou, receberam investimentos muito superiores aos aqui feitos e, por essa razão, formaram uma quantidade de técnicos, engenheiros e cientistas muitas vezes superior, até mesmo porque consideraram – e ainda consideram – o setor espacial militarmente estratégico e economicamente compensador.

O Brasil tem caminhado timidamente e tem-se atrasado cada vez mais em relação a países como a China, a Índia e a Coreia do Sul, sem querer citar Israel, Irã e Coreia do Norte, que têm dado passos significativos. Não deve ser esquecido que os grupos que, no passado, esforçaram-se para criar uma indústria aeronáutica no Brasil enfrentaram dificuldades enormes. Várias iniciativas não prosperaram até que um grupo de visionários, tendo à frente o então Ten. Cel. Av. Eng. Casimiro Montenegro Filho, resolveu criar um centro com uma escola para a formação de recursos humanos e com laboratórios

para o desenvolvimento de projetos aeronáuticos, como ambiente para o nascimento de uma indústria aeronáutica. Observe-se que o Brasil, à época, importava bicicletas. Vinte anos após a criação do CTA, a indústria nascia e, hoje, é um orgulho nacional.

O mesmo caso não ocorreu com o setor espacial. Apesar de o programa espacial ter dado seus primeiros passos dentro do ambiente aeronáutico e sob a sua proteção, não cresceu e não se desenvolveu na mesma velocidade. De fato, não houve investimentos na formação de recursos humanos em todas as áreas abrangidas por um programa espacial completo. A formação e ou treinamento de técnicos e engenheiros no exterior não foi suficiente para dar corpo ao programa e vencer as dificuldades que se apresentaram, principalmente as relacionadas com foguetes de sondagem, lançadores de satélites e satélites propriamente ditos. Além do mais, é bom lembrar o que Santos Dumont deixou registrado, em 1918, no Capítulo II de seu livro *O que vi, O que veremos*: “(...) penso que, sob todos os pontos de vista, é preferível trazer professores da Europa e dos Estados Unidos, em vez de lá enviarmos alunos (...)”. E isso foi o que realmente aconteceu no programa aeronáutico brasileiro.

Antes tarde do nunca! A AEB, o Inpe e o IAE, reconhecendo a necessidade de formação de engenheiros para atender a demandas urgentes do Programa Nacional de Atividades Espaciais, solicitou informalmente ao ITA que estudasse a possibilidade de criar um curso de graduação para a formação de engenheiros, dentro do modelo iteano, contemplando os conhecimentos básicos e atuais do setor espacial, com o objetivo de formar um número mínimo de engenheiros e cientistas capazes de dar sustentação aos programas dos centros de pesquisa governamentais e suprir as necessidades das indústrias existentes ou das emergentes.

O ITA criou um grupo de trabalho com representantes da AEB, do Inpe, do IAE, do IEAv e do ITA, para apresentar uma proposta de criação de um curso de graduação em espaço. O GT concluiu seu trabalho em meados de 2009. O programa e as ementas foram submetidos à Congregação do ITA e aprovados no final de 2009.

Formalmente criado em fevereiro de 2010 e abrangendo Navegação e Guiamento; Propulsão e Aerodinâmica; e Eletrônica para Aplicações Espaciais, áreas consideradas críticas e prioritárias pelo GT, o curso recebeu a denominação de Engenharia Aeroespacial e conta com o apoio de laboratórios e pessoal docente do Inpe, do IAE, do IEAv e do próprio ITA. A primeira turma, composta de dez alunos, será graduada em 2012.

Adicionalmente, as universidades federais do ABC e de Minas Gerais criaram, em 2009, cursos de Engenharia Aeroespacial, mas com programas mistos, para atender aos setores aeronáutico e espacial. Surge agora outra questão: será que os esforços que estão sendo envidados serão suficientes para reverter a situação atual e garantir o crescimento e a sustentabilidade do Programa Nacional de Atividades Espaciais (Pnae) e, além disso, atender às demandas do setor empresarial?

No que concerne à formação de recursos humanos, o ITA, a UFABC e a UFMG estão procurando dar suas contribuições. Mais ainda, o Comando da Aeronáutica tem um projeto de duplicar o número de alunos do ITA.

No entanto, a formação de recursos humanos em quantidade e qualidade não garante um programa espacial forte, autossustentável e competitivo. Há necessidade, também, de investimentos objetivos, de suporte ao setor empresarial e a existência de um programa governamental para a recomposição das equipes das instituições governamentais, passando pela possibilidade de reposição imediata das perdas de pessoal por falecimento, aposentadoria ou demissão, o que não existe hoje.

Recursos humanos bem formados, a existência de laboratórios atualizados e um programa espacial coerente com a participação plena do setor empresarial são os principais ingredientes para que o Brasil chegue, no início da próxima década, a uma situação semelhante a países emergentes, como a Índia, a Coreia do Sul e a China.

PRINCIPAIS IDEIAS DEBATIDAS

Este capítulo relaciona as ideias mais relevantes, portadoras de contribuições substantivas ao Programa Espacial Brasileiro, trazidas durante os debates ocorridos na reunião. Nessa fase, houve a participação da audiência, composta por especialistas de diversos ministérios, com comentários e questionamentos respondidos pelos palestrantes.

Inicialmente, comentou-se sobre “o **desafio de o Brasil dominar a tecnologia espacial**, atendendo inclusive a sistemas privados civis, aos interesses do mercado e aos requisitos da indústria. Dois aspectos importantes foram levantados: o certificado de usuário final e as restrições impostas pelo *International Trade in Arms Regulation (Itar)*, que é o regulamento de exportação”.

A primeira pergunta abordou a operação do **Satélite Geoestacionário Brasileiro (SGB)** e a possibilidade de esta ser realizada por uma prestadora de serviços privada, em regime de Parceria Público-Privada (PPP). Até o presente, não foi possível identificar uma convergência entre as necessidades do governo e os objetivos comerciais de uma possível parceira. Outro comentário sobre o SGB abordou sua característica de projeto de Estado. Diz-se que “(...) se as Forças Armadas precisam de um satélite de comunicações, é necessário fazer um satélite de comunicação militar com o objetivo de banda X”.¹ Finalmente, mencionou-se que “(...) a demanda existente na sociedade civil é por um satélite geoestacionário de meteorologia, e não de telecomunicações – essa demanda já foi inclusive colocada publicamente”.

Outra questão tratou de como a indústria aeroespacial poderia inserir-se melhor numa **cadeia produtiva de satélites de comunicação** e se existe um mercado para esse tipo de serviço e equipamento. Na resposta, identificaram-se algumas discrepâncias entre os interesses de ambos os lados – governo e indústria, considerando que, com uma PPP, o governo estará buscando o dinheiro no investidor, en-

1 Faixa de frequência de uso exclusivo do governo, normalmente para aplicações militares.

quanto este quer retorno com mínimo risco. Por outro lado, a exigência de participação nacional pode conflitar com isso, inibindo a captação de investimento externo.

A questão seguinte foi sobre a situação do Brasil na pesquisa de sistemas de **microssatélites para telecomunicações**, uma tendência mundial da utilização de constelações de sistemas distribuídos de nano, micro, pico e femto satélites, que são de fácil e rápida construção e de fácil colocação no espaço. Tais satélites podem ser posicionados em órbitas oblíquas, simulando satélites geoestacionários fora da linha do Equador. A resposta foi que “o tema já vem sendo abordado pela Agência Espacial Brasileira (AEB). A abordagem de pequenos satélites é um pouco diferente da abordagem dos grandes satélites. A abordagem inicial de grandes satélites parte do *design for reliability*, ou seja, o projeto para a confiabilidade. E, no caso dos microssatélites, faz-se o *design to cost*, quer dizer, o custo é o que importa. A AEB tem um convênio com a Universidade de São Paulo para, justamente, fomentar esse tipo de atividade no País”. O Inpe e o ITA também têm algumas iniciativas nessa área.

Comentou-se que o Brasil tem um espaço marítimo de cerca de 4,5 milhões de quilômetros quadrados e questionou-se se estão sendo vislumbradas, na revisão da Lei de Financiamento do Programa Espacial, **fontes alternativas de recursos**, como, por exemplo, o próprio pré-sal. E também, na parte de redução de desmatamento, a negociação de crédito de carbono. Em resposta, informou-se que “a questão das fontes alternativas está sendo discutida há algum tempo com a Câmara dos Deputados”. Lembrou-se que um dos satélites do programa, o Sabia-Mar, é dedicado à questão do oceano, além do satélite radar, que auxiliará no monitoramento dessa área. Mencionou-se que o BNDES, responsável pelo Fundo Amazônia, com recursos para o meio ambiente, também poderia ser usado para o programa.

Indagou-se o que vem sendo desenvolvido no **monitoramento de outros biomas** (caatinga, cerrado, pantanal, pampa e Mata Atlântica), onde se concentra grande parte da população brasileira e que foram mais destruídos, se comparados com o bioma Amazônia. A resposta foi dividida em duas partes: inicialmente, foi abordado o programa de satélites, com destaque para o fato de que o Programa Espacial está preparando-se para melhorar a cobertura do território brasileiro com o lançamento do CBERS-3 e do Amazônia-1 e com a recepção brasileira do Landsat-8 e do Satélite da série GMS, do Projeto Sentinel. O financiamento necessário é da ordem de R\$ 4 milhões a R\$ 5 milhões por ano.

Com relação à Amazônia, afirmou-se que “(...) a região não é para principiantes. O Projeto Sentinela não atende à necessidade de ninguém. As Forças Armadas Brasileiras, atendendo ao contido na Estratégia Nacional de Defesa, estão privilegiando a Amazônia, inclusive com a mudança de efetivos para a região. Porém, não há condições de garantir imageamento da Amazônia para fins de defesa com satélite óptico ou satélite em banda X. Não adianta fotografar nuvens com 1,5 metros de resolução. A única alternativa de monitoramento da Amazônia é o satélite banda L, ou banda P, com resolução compatível para a necessidade de aplicação militar”.

Levantou-se a questão se, no estágio atual da **indústria espacial brasileira**, ela poderia atuar como *prime contractor*. Foi dada a seguinte resposta: “Estamos aptos a ser contratados para desenvolver boa parte dos sistemas necessários no Brasil. Naquela parte em que não detivermos o domínio da tecnologia, temos condições empresariais de buscar apoio no exterior, de buscar uma parceria”. Ilustrando modelos em aplicação em outros países, mencionou-se que “o Centro Nacional de Estudos Espaciais (CNES), principal órgão espacial francês, mantém uma carteira de encomendas com uma indústria chamada Zodiac, que fabrica balões estratosféricos. O grande demandante dessa indústria é o próprio CNES, que testa várias das suas tecnologias em balões. Enfim, poderíamos, de certa forma, resolver esse problema de termos uma indústria que fosse fornecedora de veículos como o VSB-30, que é extremamente bem-sucedido no exterior”.

Levantou-se a questão das **parcerias e dos acordos internacionais** em projetos de comum interesse aos países e de busca de tecnologias críticas. Em resposta, mencionou-se a efetiva parceria com Argentina, no projeto do satélite Sabia-Mar. Além disso, a Argentina manda seus satélites para serem integrados no Laboratório de Integração e Testes do Inpe. O Uruguai solicitou ajuda ao Brasil para elaborar leis e preparar uma política espacial. “Fomos consultados há dois, três anos atrás, pelo Chile, que comprou o seu satélite de alta resolução. Mas antes, consultou se o Brasil não poderia fornecer esse satélite. Não podia, na época”. Existe o mecanismo da Conferência Espacial das Américas, na qual se discutem todas as parcerias. No Comitê de Uso Pacífico do Espaço, existe o grupo da América Latina e do Caribe, que se reúne para discutir a questão espacial. “Na França, 90% dos projetos próprios são feitos em cooperação com os Estados Unidos, Japão e Índia, países que detêm níveis similares de aquisição tecnológica”.

Para tratar da demanda por bens e serviços espaciais, destacou-se a **natureza estratégica do segmento espacial**: “Se é de interesse do País manter uma base industrial capaz de responder com agilidade e com rapidez às demandas estratégicas do País, seja pelo lado da defesa, das necessidades de proteção ambiental ou da capacidade de acesso assegurado ao espaço, se é preciso lançar um foguete em determinada situação e momento, então o Estado precisa entender que tem que arcar com os custos dessa necessidade”. (...) Quando se olham os Estados Unidos, eles têm duas empresas que fazem foguetes – a Boeing e a Lockheed Martin. E, por princípio, rejeitam o monopólio, querem ter as duas. Então, o que fizeram? Criaram um fundo, de maneira que, cada vez que uma empresa perde muitas concorrências durante um ano, ela pode pedir dinheiro ao fundo para não desmontar a sua própria linha de produção. Por quê? Porque é (...) do interesse nacional ter a capacidade de lançamento, ter assegurado o acesso imediato ao espaço de forma independente”.

Houve uma indagação mostrando a preocupação com relação a um “apagão” em **recursos humanos em áreas críticas**, como o Programa Espacial. Em resposta, comentou-se que “a academia precisa ser estimulada, ou o ITA, ou as universidades federais que tratam da formação de recursos humanos”. Comentou-se também a respeito da recém-criada Engenharia Aeroespacial do ITA, com previsão de graduação da primeira turma em 2012, e do projeto do Comando da Aeronáutica de duplicar o número de alunos do ITA. Evidenciou-se a necessidade de coordenação do tema com os demais órgãos do governo, para que haja não só o atendimento às demandas de engenheiros requeridos pelo mercado de trabalho, mas também uma política de reposição de recursos humanos necessários para dar continuidade e até ampliar o programa.

Indagou-se, a seguir, sobre o **mecanismo classificatório de tecnologia** para a previsão de rotas tecnológicas e de como isso se adequaria a mecanismos de financiamento. Em resposta, citou-se o exemplo dos Estados Unidos, quando planejaram a missão a Marte e precisavam de um carrinho para andar na superfície do planeta para colher materiais e mandar imagens de lá.

“Neste caso, essa tecnologia não estava disponível, ou seja, o nível de disponibilidade tecnológica era zero. Então, o que foi feito? Eles contrataram em torno de dez estudos iniciais de viabilidade técnica, contratação aberta em que as empresas e o setor público concorrem, em parceria ou isoladamente. Uma comissão da Nasa analisa as propostas e escolhe as melhores para a fase de concepção. Repete-

se esse ciclo e chega ao fim com um ou dois projetos e, depois, com a contratação de um projeto preliminar, seguido de projeto detalhado. Essa metodologia envolve uma banca de *experts* no início e, nas fases mais adiantadas, ensaios de protótipos, até se chegar ao desenvolvimento de um modelo de qualificação, ou seja, um protótipo que vai ser submetido a ensaio, qualificação e fabricação da unidade de voo”.

Esse é um índice baseado em um **planejamento e rota tecnológica**. “No caso do Programa Espacial Brasileiro, essa rota não foi definida. Não traçamos um objetivo de, por exemplo, ter o domínio da tecnologia de controle de satélites. O Brasil dispõe dessa tecnologia? De quais equipamentos dispomos e de quais não dispomos? E como fazer isto? Por meio de contratações que envolvem risco no resultado, em que a indústria, em parceria com a universidade ou instituto de pesquisa ou sozinha, estaria tentando desenvolver essa tecnologia. São mecanismos que permitem ao setor industrial sobreviver”. (...) “Hoje, os recursos de subvenção econômica e as outras formas de financiamento não permitem à indústria pagar a conta de luz. São recursos destinados ao desenvolvimento dos projetos que, normalmente, requerem também contrapartida pelo lado da empresa. A empresa tem que ter outros mecanismos para se manter. A **encomenda tecnológica** é um mecanismo muito forte no sentido de promover o aparecimento de novos fornecedores, de desenvolvimento e de crescimento dos existentes. Esse tipo de mecanismo certamente irá, se bem aplicado, proporcionar esse tipo de evolução, tanto no nível de disponibilidades tecnológicas a serem alcançadas, como no desenvolvimento e no crescimento das empresas já existentes”.

Houve um comentário sobre o problema de integração com relação ao setor acadêmico quanto ao aproveitamento e à **estruturação de redes de pesquisa**, especialmente em pesquisa básica, em áreas como novos materiais, química e modelagem matemática. A esse respeito, indagou-se como os institutos poderiam coordenar redes de pesquisa em torno de temas e assuntos pertinentes e de interesse do Programa Espacial. Em resposta, comentou-se que essas redes são formadas para juntar universidades, com pesquisas bem direcionadas, todas dentro de um mesmo tema, no sentido de aproveitar e otimizar recursos.

“No caso do titânio e da própria fibra de carbono, passou-se dessa fase de pesquisa. Existe a necessidade imediata do material, de ter a matéria-prima no mercado para desenvolver os produtos. Hoje, precisa-

mos desenvolver a tecnologia do carbono-carbono para produzir uma garganta de tubeira. Mas estamos amarrados porque não temos a fibra de carbono no mercado. O caso do titânio é a mesma coisa: já desenvolvemos muitas ligas de uso, inclusive, na área da medicina, para implantes. Podemos colocá-las no mercado a qualquer momento, se houver uma empresa interessada em receber a transferência de tecnologia. Mas, como essa empresa vai produzi-la, se não há titânio no mercado? As redes servem muito bem na área de pesquisa acadêmica. Mas, no caso dos institutos, a situação é um pouco diferente”.

Comentou-se sobre a questão do **mercado para o Cyclone-4**, que, “sem o acordo de salvaguardas com os Estados Unidos, dificilmente haverá satélite para se lançar na área de telecomunicações. Hoje, os americanos são responsáveis pela grande maioria dos satélites de comunicações do mundo”.

Outra questão levantada foi sobre a **complementaridade do Cyclone-4**, em relação ao VLS, e sobre qual é a contribuição da ACS (Alcântara Cyclone Space) ao Programa Espacial Brasileiro. Em resposta, quanto à complementaridade, comentou-se que “(..) são dois veículos, dois projetos absolutamente distintos, que não concorrem entre si. Há o interesse comercial no lançamento do Cyclone-4, que é quase imbatível na sua categoria. Hoje, sem ter sítio, já se negociam lançamentos comerciais para 2013. Quanto à transferência de tecnologia, todas as instalações vão ficar no Brasil, além dos equipamentos, que serão, inclusive, montados por empresas brasileiras. O lançamento será operado por equipes brasileira e ucraniana. A maquete elétrica, que é fabricada na Ucrânia, será operada e ficará no Brasil. Além disso, estamos negociando a ida de técnicos brasileiros à Ucrânia e a vinda de técnicos ucranianos ao Brasil”.

Houve o comentário de que “é notório que o Inpe tenha mais facilidade de avançar em seus projetos, na área de satélites e aplicações. Já o CTA e o IAE, como estão na área de lançadores e foguetes de sondagem, que têm cara de míssil, sofrem mais **restrições do Missile Technology Control Regime (MTCR)**”. “(...) alardear que o CTA está desenvolvendo um programa espacial de interesse militar, que basicamente está calcado em foguetes e lançadores, vai exacerbar ainda mais os problemas que a gente vem sofrendo, com denegações de importação de componentes e peças no cenário internacional”.

Comentando a respeito do problema de **coordenação e centralização do programa**, “Temos programas intersetoriais de grande impacto, de grande volume de recursos, de ações dispersas em

diversos ministérios, como é o caso do Programa Espacial, do Nuclear e de outros nas áreas social e de infraestrutura, que necessitam de mecanismos de coordenação e comandos centralizados. Essa é uma discussão que deve desenvolver-se com o Ministério do Planejamento: como o governo pode criar estruturas de gestão de programas com objetivos definidos e com vistas a alcançar resultados em prazos definidos. A discussão visa buscar mecanismos de coordenação das ações em que todos os segmentos, independente de serem civis ou militares, trabalhem com a mesma perspectiva, os mesmos objetivos, para alcançar os mesmos resultados, independente das aplicações diferenciadas que os diferentes setores têm”.

REFLEXÕES SOBRE O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO

*Luiz Alfredo Salomão**

Pretendo tecer dois comentários. O primeiro é que observo na área aeroespacial a mesma questão observada na área nuclear. Fala-se do Programa Nuclear Brasileiro, fala-se do Programa Nacional de Atividades Espaciais (Pnae), quando na verdade não temos programas, mas um conjunto de iniciativas do Inpe, um conjunto de iniciativas do CTA, do IAE, um conjunto de iniciativas da indústria, o que não constitui um programa, apesar de ter esse rótulo. Não constitui um programa no sentido empregado no meu campo de atividade acadêmica, um capítulo de Ciência Política, que é o estudo das políticas públicas. Para haver um programa, é preciso que haja objetivos claros e comuns para todos os atores envolvidos. Não temos uma boa definição dos objetivos do Pnae nem metas estabelecidas, traduzidas em números, a serem atingidas. Não temos prioridades bem estabelecidas; no máximo, temos uma discussão sobre estratégia.

O doutor Ghizoni falou de uma estratégia de implantação: “Vamos fazer coisas menores e conquistando, degrau por degrau, não só o prestígio que o programa precisa ter dentro do governo, como também os recursos necessários ao seu desdobramento”. O doutor Gilberto Câmara, que insistiu muito na questão das histórias de sucesso, no fundo disse também da estratégia de ir realizando o que é factível. Os gráficos apresentados pelo doutor Thyrso são muito bons, demonstrando o factível e o possível, para que possamos consolidar o prestígio do programa aeroespacial no Congresso Nacional e em todas as esferas do governo, para que os recursos possam fluir e ideias maravilhosas se transformem em realidade, e não em devaneios.

* Engenheiro eletricitista, graduado pela antiga Escola Nacional de Engenharia da Universidade do Brasil, atual Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Foi professor da Escola de Pós-Graduação de Economistas da Fundação Getúlio Vargas; deputado da Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro; secretário de Estado de Obras e Meio; secretário de Estado de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia; e secretário de Estado de Transportes. Como deputado federal pelo Estado do Rio de Janeiro, foi líder da bancada do PDT na Assembleia Nacional Constituinte. Exerceu até recentemente o cargo de secretário-executivo da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Professor e consultor, é fundador e diretor da Escola de Políticas Públicas e Governo do Instituto Universitário de Pesquisas do Rio de Janeiro (IUPERJ).

A outra questão é que, sem programa, não teremos cronogramas nem orçamentos contemplando recursos humanos, financeiros e materiais, e ficaremos caçando no ar “pipas” que atendam aos objetivos de cada instituição. Não temos, de fato, um trabalho de sinergia entre as várias instituições. Espero que venhamos a constituir o Comitê Gestor das Atividades Espaciais, para que se possa, pura e simplesmente, reunir esses atores e fazê-los conversar de modo convergente. Vamos ouvir muitos questionamentos do doutor Gilberto Câmara, que são muito importantes para que, dialeticamente, sejam criticadas as proposições do outro e as suas também. Temos de definir objetivos factíveis, objetivos consensuais.

Nesse sentido, o Programa Nuclear, ou “Pseudoprograma Nuclear”, está mais avançado do que o Aeroespacial, porque para o Nuclear já se estabeleceu, depois de muita discussão, um elenco de prioridades. É preciso agora que haja a consecução de um verdadeiro programa como política de Estado, e não como política de um governo, porque o que se observa nos gráficos sobre a liberação de recursos é que o ritmo das atividades espaciais depende da boa ou má vontade de cada governo. Não temos uma política de Estado. Então, ora o governo é mais generoso, o espaço fiscal é maior, libera-se recurso; ora, no momento de fazer cortes, ajustes fiscais, esses programas são considerados supérfluos e sofrem cortes sem dó nem piedade.

Imagino que existam os mesmos problemas na área do VLS, ou seja, não temos uma real programação das atividades do setor com as suas estratégias bem definidas, com as metas bem definidas, com os modelos de negócio. Esse debate final sobre a questão empresarial é extremamente importante, e precisa de solução consensual, porque, pelo que conheci das poucas empresas que visitei, como a Equatorial e a Orbital, estas são maravilhosas do ponto de vista tecnológico, mas não têm capital, não têm capacidade de ser prime contractor, main contractor, porque o BNDES vai exigir garantias. Dificilmente essas empresas estarão aptas, mesmo se reunindo em consórcios, a oferecer garantias bancárias para financiamento desse tipo.

Então há inúmeras questões importantes para se montar verdadeiro programa substantivo, que possa ser aprovado no Congresso Nacional como compromisso plurianual, receba recursos previstos no orçamento plurianual e seja conduzido com o mínimo de continuidade, e não com esse stop and go em que as empresas vivem, obviamente ditado pela questão dos recursos.

Um último comentário sobre a questão do desenvolvimento científico-tecnológico referido aqui também pelo doutor Gilberto Câmara, que desdobrou o “Paradoxo de Prebisch”, como se tivéssemos

uma economia do conhecimento relativa às grandes commodities brasileiras ou aos setores produtivos que o Brasil desenvolveu bem, como é o caso do agronegócio e das commodities minerais, como se o resto fosse menos importante. Discordo dele, como ele discordou de muitas pessoas aqui. Ele tem razão quando mostra que existe uma “economia do conhecimento”, inclusive em setores considerados primários. Plantamos soja e criamos gado hoje, somente para citar dois casos, com alta tecnologia, porém, isso não elide a necessidade de fazermos grande esforço para também desenvolvermos outras tecnologias de ponta.

A SAE está tentando financiar um projeto a ser desenvolvido com o Instituto Militar de Engenharia (IME), para definir as prioridades a serem seguidas em desenvolvimento tecnológico, mas barreiras burocráticas tolhem a contratação desse trabalho. O IME ficou de constituir uma equipe para monitorar todos os setores de tecnologias críticas, o que está sendo feito em nove países do mundo, para fornecer um mapa de prioridades para a área de ciência e tecnologia. O Brasil parece um país miliardário, porque financia tudo. O Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) tem bilhões de recursos, é superpoderoso, porém, esses recursos então pulverizados em inúmeras áreas, a meu juízo, sem critério estratégico, sem critério de prioridades.

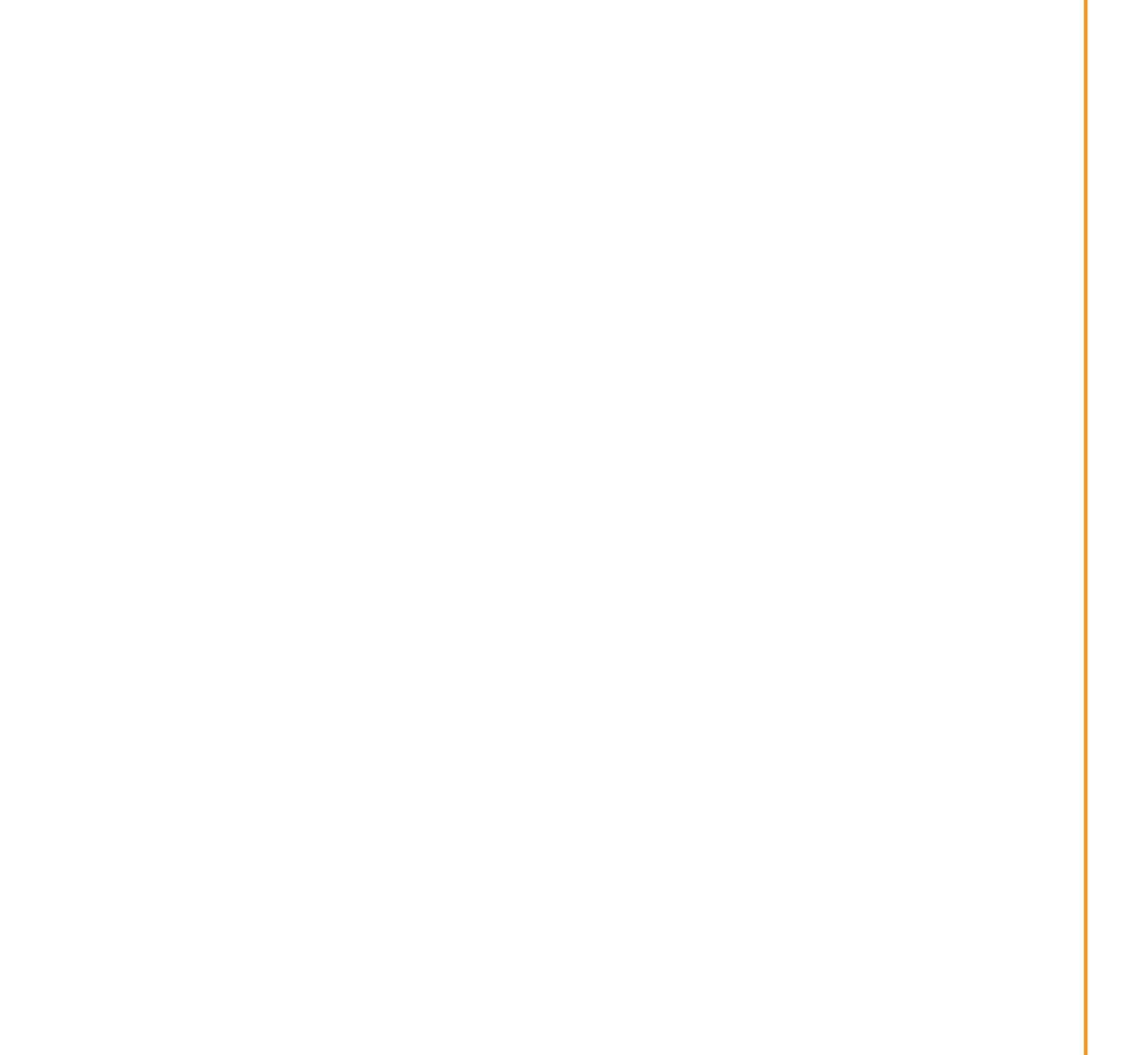
No caso particular do Programa Espacial, deve-se agir antenado com as necessidades sociais, como o Inpe. O prestígio que o Inpe tem, por exemplo, com a centimetragem das citações ao seu trabalho, decorre de uma questão fundamental: é um setor da área de ciência e tecnologia antenado com as necessidades da sociedade. Todo dia vemos a previsão do tempo na TV Globo, e lá está o Inpe, o que lhe dá todo o prestígio. O Inpe tem essa virtude, que queremos elogiar e enaltecer e que outras entidades devem perseguir. Claro que não se pode apenas pensar em questões de sucesso. O setor espacial teve a virtude de se engajar em demandas concretas da sociedade, mas há outras, em que provavelmente o Inpe ainda não esteja engajado.

Então é preciso desenvolver ainda mais a curiosidade e o vínculo da área de ciência e tecnologia com a inovação, com as demandas da sociedade – virtude que infelizmente as instituições de pesquisa e de desenvolvimento do Brasil não têm. Isso é uma lástima! A verdade é que, em geral, elas não têm o espírito de integração com a sociedade que o Inpe tem.

Peço desculpas por esses comentários, mas é curioso, por exemplo (na Defesa há três áreas de coordenação, em tese: a aeroespacial, a nuclear e a de tecnologias da informação e comunicação (TICs), esta

o Exército chama de cibernética) verificarmos que, na área nuclear, de fato, não existe um programa. Não há mais disputas políticas internas, mas também não há objetivos e metas comuns. Para ilustrar, no Brasil, a Política Energética Brasileira previa a construção de quatro a oito usinas nucleares em várias regiões do País até 2030. De repente, a empresa encarregada do planejamento energético (EPE) aparece com outro cenário, que não contempla a construção de mais nenhuma usina depois de Angra III. Isso é estarrecedor! Tínhamos previsto uma usina no projeto Brasil 2022, mas a empresa não previa mais nenhuma. Depois, por pressão do ministro Samuel Pinheiro Guimarães, surgiu a previsão de quatro. Isso significa que não temos programa energético. E isso ocorre em um setor, talvez, o mais consolidado em matéria de planejamento de longo prazo. Na verdade, são programas feitos de acordo com conveniências de concessões, aqui ou acolá. Não é um instrumento sólido para planejar as atividades das empresas públicas e privadas, para programar o setor e desenvolvê-lo com planos de ação concretos.

Sem esse instrumento sólido, nunca haverá garantia orçamentária, nunca teremos um programa com uma linha de continuidade. Mesmo que essa linha não seja de alto desempenho, como gostaria o doutor Gilberto Câmara, o programa precisa dela, para que seja previsível, para que se oriente a ação dos empresários e dos políticos na elaboração, discussão e aprovação do orçamento. Se não houver muita solidez na sua proposição, tudo pode acontecer com o orçamento do setor.



Esta obra foi impressa pela Imprensa Nacional
SIG, Quadra 6, Lote 800
70610-460, Brasília - DF, em maio de 2011
Tiragem: 3.000 exemplares

