

# Observatório de Tecnologias Espaciais

## BOLETIM

### Apresentação

Nesta edição do Boletim do Observatório de Tecnologias Espaciais do CGEE, são apresentadas duas matérias distintas porém complementares. A primeira apresenta dados relativos aos objetos resultantes da atividade espacial no Brasil, enquanto a segunda apresenta uma visão para o futuro da atividade espacial que transcende o que já foi feito e pensado para o setor.

Neste boletim, é mostrada a linha de tempo dos satélites brasileiros com o intuito de fornecer uma visão geral e concisa do segmento espacial do País. Os satélites que possuem alguma relevância na agenda tecnológica, econômica e estratégica do Brasil são apresentados como uma figura de mérito para se compreender e pensar o estado atual do setor espacial brasileiro; e é apresentada uma entrevista com o Dr. Philip Lubin, professor da Universidade da Califórnia em Santa Bárbara, EUA, que conduz pesquisas para o Programa de Conceitos Inovadores Avançados da NASA (NIAC, em inglês) e vem trabalhando na utilização de propulsão a laser para viagens interestelares.

Chama a atenção que, enquanto o Brasil ainda está dando forma e conteúdo às suas atividades espaciais e esbarra em problemas decorrentes da sua dependência tecnológica nesse setor, o mundo já está discutindo novas rotas tecnológicas que possibilitem viagens mais rápidas no espaço que permitam, por exemplo, a exploração de outros sistemas solares. O Brasil certamente precisa enfrentar e resolver suas dificuldades no estabelecimento e execução das suas estratégias de curto e médio prazo, mas, paralelamente, não pode esquecer de pensar o futuro dessa atividade. Essas duas matérias permitem refletir sobre o “aqui e agora” e se inspirar no “amanhã” da atividade espacial.



*Desenho técnico de um dos objetos espaciais do País, o Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres, CBERS.*

### Nesta edição

Satélites brasileiros ..... 2

Conceitos espaciais inovadores .. 7

## Satélites brasileiros

Existem no espaço diversos tipos de objetos manufaturados pelo homem. Há uma Estação Espacial Internacional, mais de mil satélites em operação e uma enorme quantidade de detritos espaciais, que já não possuem nenhuma função útil, e que incluem satélites desativados, estágios de foguetes e peças abandonadas. De acordo com a rede de vigilância espacial dos Estados Unidos, desde o lançamento do primeiro satélite artificial – o Sputnik I em 1957 – mais de sete mil satélites tinham sido lançados ao espaço exterior até o início de 2016. Muitos desses objetos deixaram de funcionar ou se desintegraram após reentrar a atmosfera terrestre. No final de 2015, existiam 1.381 satélites em operação. A grande maioria desses objetos orbita o nosso planeta em distâncias que variam entre algumas centenas a alguns milhares de quilômetros da Terra. Algumas sondas espaciais realizam missões interplanetárias e se encontram a milhões de quilômetros da Terra.

A atividade espacial envolve todos os processos decorrentes do acesso desses artefatos ao espaço exterior, isto é, à região que transcende o volume englobado pela atmosfera terrestre e que, de acordo com convenção aceita pela Federação Aeronáutica Internacional, se situa a uma altitude de 100 km acima do nível do mar. Em vista disso, o tipo e o número de objetos lançados ao espaço são, sem dúvida alguma, uma das informações mais básicas que se pode dispor para caracterizar um programa espacial qualquer.

De acordo com a *Satellite Industry Association*, no final de 2015, existiam 59 países que operavam pelo menos um satélite, sendo que 37% da frota mundial eram satélites comerciais de comunicação, 14% satélites governamentais de comunicação, 14% satélites de sensoriamento remoto, 12% satélites de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, 8% satélites militares, 7% satélites de navegação, 5% satélites científicos e 3% satélites de meteorologia. Há, portanto, uma longa lista de atividades e serviços perenes que só são possíveis, ou facilitados, por sistemas espaciais.

Nesse mesma época, existiam 13 satélites em operação que são considerados objetos brasileiros no espaço em decorrência de terem sido desenvolvidos no Brasil ou que são operados por empresas brasileiras. Essa lista inclui três satélites de observação da Terra e monitoramento ambiental (SCD 1, SCD 2, CBERS4) e dois nanosatélites de desenvolvimento tecnológico (NanosatC-BR1, Serpens), que foram integrados total ou parcialmente no Brasil, e oito satélites de telecomunicações, que foram desenvolvidos no exterior em decorrência de encomendas brasileiras (Brasilsat B2, Brasilsat B3, Brasilsat B4, Starone C12, Starone C1, Starone C2, Starone C3, Starone C4). Esse grupo de 13 objetos representava apenas cerca de 1% da frota mundial de satélites em operação.

O Brasil tem também regularmente lançado ao espaço foguetes de sondagem. São foguetes que atingem altitudes sub-orbitais e que permitem a realização de experimentos tecnológicos e científicos. Esses foguetes são objetos espaciais brasileiros que têm sido lançados com sucesso a partir do território nacional e também do exterior. Ainda assim, há várias décadas que o Brasil persegue o objetivo de possuir veículos lançadores de satélites sem até agora ter conseguido realizar um lançamento com sucesso. Por esse motivo, o Brasil tem recorrido aos serviços oferecidos por estrangeiros para lançar os satélites artificiais do País.

A Agência Espacial Brasileira (AEB) mantém um registro de objetos brasileiros lançados ao espaço exterior e que alcançaram órbitas estáveis, ou que falharam nessa tentativa. Nesse registro, regulado pela Portaria nº 96 da AEB de 30 de novembro de 2011, constam os satélites desenvolvidos no Brasil, os satélites desenvolvidos por entidades brasileiras no exterior, os satélites desenvolvidos no exterior em decorrência de encomenda brasileira e os satélites lançados do território nacional. Ao longo da história da atividade espacial brasileira, 28 objetos se enquadram em uma dessas categorias. Um exame da linha de tempo desses satélites permite apreciar os resultados dessa atividade.

O Brasilsat A1, lançado em 1984, foi o primeiro objeto brasileiro lançado ao espaço. Tratava-se de um satélite geoestacionário de telecomunicações que foi construído por uma empresa canadense para atender uma encomenda brasileira da Embratel. Esse satélite permaneceu 17 anos em operação. Portanto, o primeiro objeto brasileiro lançado ao espaço foi um satélite desenvolvido no exterior em decorrência de uma encomenda brasileira.

Em 1990, foi lançado o primeiro objeto espacial desenvolvido no exterior por um brasileiro, o DOVE-Oscar17, um nanossatélite com fins educativos, construído por um radioamador com recursos próprios nos EUA. Esse satélite permaneceu oito anos em operação. Consequentemente, o primeiro objeto desenvolvido no exterior por um brasileiro foi fruto de uma iniciativa individual.

O País teve que esperar até 1993 para que fosse lançado o primeiro satélite desenvolvido em solo nacional. O SCD 1, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, foi um marco histórico para o setor espacial brasileiro. Esse satélite foi lançado por um foguete Pegasus nos EUA e continua em operação até hoje. Quando essa conquista foi finalmente alcançada, o mundo já havia lançado mais de quatro mil satélites ao espaço e transcorridos 31 anos e 6 meses desde a primeira demonstração formal de que o Estado brasileiro se interessava em promover a atividade espacial quando, em 1961, o então presidente Jânio Quadros criou o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais.

Até hoje, não existe nenhum satélite que tenha sido lançado com sucesso do território brasileiro. A primeira tentativa se deu em 1997, quando o satélite SCD 2A não pôde ser lançado devido à destruição do veículo lançador. Desde então, algumas outras poucas tentativas no Centro de Lançamento de Alcântara também resultaram em falhas no lançamento.

Um exame dos objetos que constam no registro da AEB revela também que alguns desses satélites são

objetos estrangeiros autorizados pela Anatel para comercializar serviços de telecomunicações no Brasil, mas que são desenvolvidos no exterior sem atender demanda específica de nenhuma organização brasileira. Esse é o caso, por exemplo, do satélite Amazonas 1, construído na França pela EADS Astrium e de propriedade da empresa espanhola Hispasat. Esse satélite foi lançado a partir de território russo em 2004 e se encontra em operação até hoje. Um representante da empresa comercializa os serviços desse satélite no Brasil.

Cada uma dessas categorias de satélites obedece a diferentes estratégias e requer distintos níveis de desenvolvimento tecnológico para sua produção e operação. É fácil perceber que é muito mais complicado desenvolver um objeto espacial no Brasil do que comprar um objeto no exterior ou, ainda, organizar licitações para autorização da operação de satélites estrangeiros no País. Apesar de compras e licitações serem justificáveis em algumas situações e contextos, o abuso dessas práticas aprofunda a dependência tecnológica e, em alguns casos, compromete a soberania nacional.

A Figura 1 fornece uma lista cronológica de todos os objetos espaciais brasileiros que foram lançados até junho de 2016. Nessa lista existem 16 objetos que podem ser considerados satélites desenvolvidos no Brasil. Entretanto, oito desses objetos não operaram devido a falha no lançamento ou mau funcionamento do satélite. Além disso, os objetos da série CBERS foram parcialmente desenvolvidos no Brasil, sendo que a China contribuiu significativamente para o desenvolvimento, integração e testes dessa série. Os satélites brasileiros de telecomunicações Brasilsat B1 e Brasilsat B2 foram apenas testados no Laboratório de Integração e Testes do INPE mas foram desenvolvidos no exterior (o INPE também contribuiu para os testes de alguns satélites argentinos). Mais recentemente, alguns cubesats passaram a integrar a lista de objetos brasileiros em uma clara demonstração do transbordamento de uma tendência que tem impactado o setor espacial mundial. Todos os demais satélites na lista foram desenvolvi-

dos no exterior. Portanto, 36% dos satélites brasileiros sequer passaram pelo Brasil em qualquer momento do seu desenvolvimento.

No caso específico dos objetos espaciais brasileiros, existe uma ramificação perceptível que separa esses objetos. Coincidência ou não, todos os objetos de telecomunicações foram desenvolvidos no exterior. Esses objetos atendem a uma demanda de mercado, geram dividendos e servem a interesses estratégicos do País. Mesmo assim, o Brasil nunca desenvolveu satélites de telecomunicações no País.

O próximo objeto a ser lançado será o Satélite Geostacionário de Defesa e Comunicações – desenvolvido na França e que em breve proverá novas capacidades de comunicações civis e militares em regiões isoladas do País. O SGDC é o mais novo exemplo de satélite desenvolvido no exterior em decorrência de encomenda brasileira. Apesar de certamente poder ser considerado um avanço para o setor espacial brasileiro e de proporcionar mecanismos para a transferência de tecnologia, esse exemplo também mostra a vulnerabilidade do País que necessita do auxílio externo para suprir suas demandas de defesa e comunicações em território nacional.

Também existe uma variedade de satélites estrangeiros que são importantes para o País. Entretanto, a lista completa desses objetos é muito grande e diversificada para ser compilada aqui. Por exemplo, os satélites GOES, NOAA e EUMETSAT oferecem imagens, produtos e serviços meteorológicos e climáticos para todo o território nacional. Não há nenhum satélite brasileiro de meteorologia. O Brasil também consome os serviços de dezenas de satélites estrangeiros de imageamento da Terra que fornecem aplicações espaciais para agricultura, planejamento urbano, meio ambiente e mineração, dentre os quais se incluem os satélites Landsat, Geoeye, Terrasar e Eros-B. Em paralelo, a Anatel mantém uma relação dos satélites autorizados a operar no Brasil e que servem à infraestrutura de telecomunicações do País, com destaque para os satélites das

séries Starone, Brasilsat, Amazonas, Estrela do Sul e, recentemente, Eutelsat. A mais recente lista da Anatel menciona 67 satélites que são autorizados a operar no Brasil. Todos esses satélites, sem exceção, foram ou estão sendo desenvolvidos no exterior. Portanto, o País se beneficia do compartilhamento e comercialização de dados de satélites estrangeiros para suprir diversos serviços essenciais à nação.

Atualmente, alguns outros satélites brasileiros estão sendo desenvolvidos, ou planejados, e deverão ser lançados em algum momento no futuro próximo, como é o caso do satélite de sensoriamento remoto Amazônia 1 e o de telecomunicação Starone D1. Além disso, há alguns cubesats sendo desenvolvidos no País com componentes COTS, por exemplo o ITASAT e o 14-BISat. Mas se o cenário atual de desenvolvimento de satélites brasileiros continuar no ritmo que está, o Brasil seguirá consumindo por várias décadas os serviços oferecidos por aplicações espaciais de outros países com poucas ou nenhuma alternativa nacional.

O setor espacial no mundo tem experimentado um invejável e sustentável crescimento econômico nos últimos 15 anos, gerando empregos e renda em diversos países, com uma notável participação, cada vez mais crescente, do setor privado e impactando diversos setores da economia. De acordo com a *Satellite Industry Association*, a indústria global desse setor movimentou 335 bilhões de dólares no ano de 2015. Lamentavelmente, o Brasil não é um fornecedor expressivo nesse mercado mundial espacial. O setor de satélites de telecomunicações brasileiros é um exemplo evidente de dependência tecnológica. Em outros setores, como meteorologia e navegação, o Brasil depende dos serviços de satélites operados por outras nações (os satélites norte-americanos GOES e GPS, por exemplo).

Desde 1985, o Brasil tem mantido pelo menos um satélite em operação no espaço. Entretanto, o pequeno número de sistemas espaciais que foram desenvolvidos no Brasil e permanecem ativos ofere-

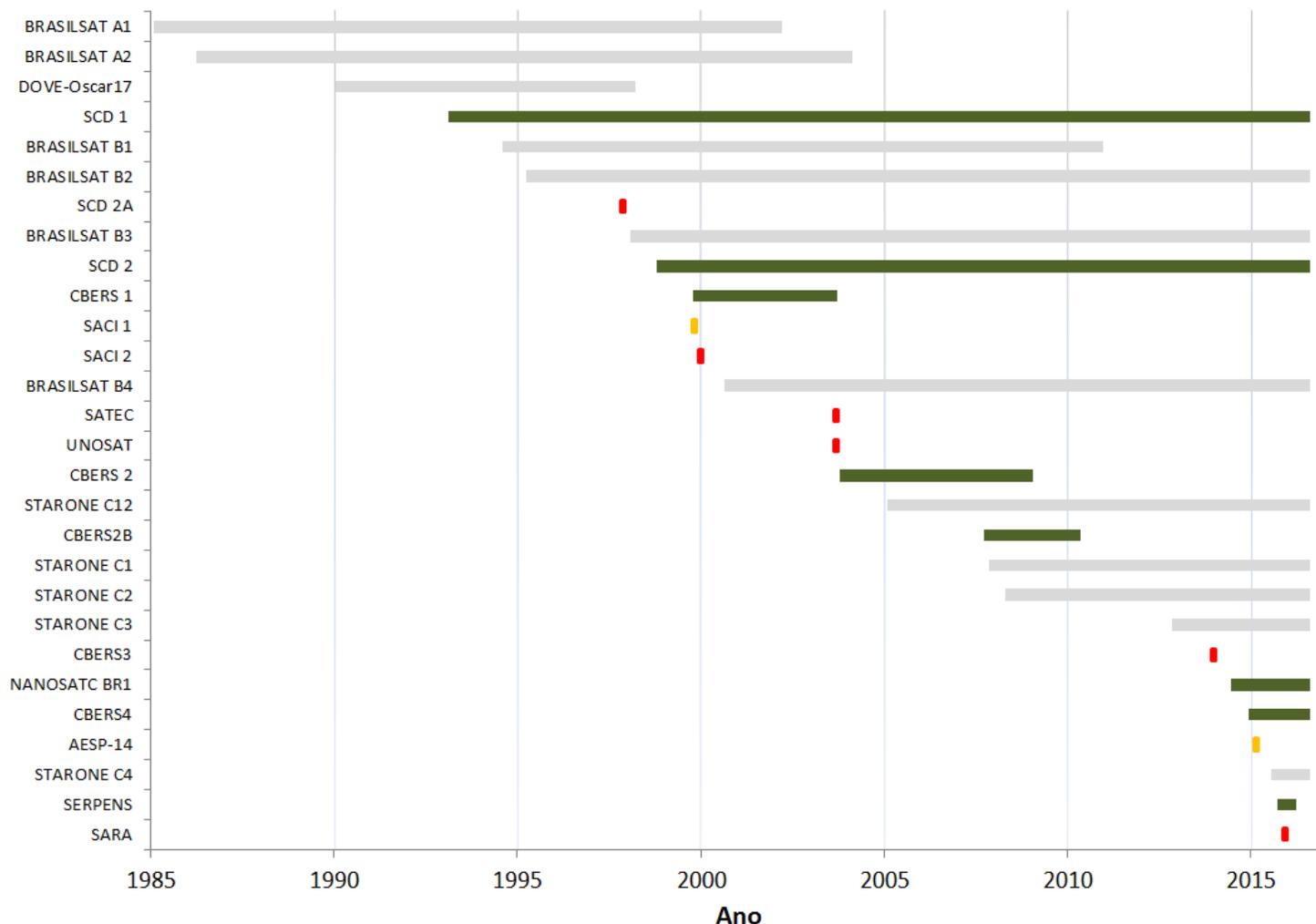


Figura 1: Diagrama cronológico dos satélites brasileiros representando o tempo de operação de cada um dos objetos até meados de 2016. Os objetos que foram total ou parcialmente desenvolvidos no Brasil são representados em cor verde. Os objetos que foram desenvolvidos no exterior em decorrência de encomenda brasileira são representados em cor cinza. Os objetos desenvolvidos no Brasil que não operaram devido a uma falha no lançamento ou de funcionamento são representados, respectivamente, em cor vermelha e amarela.

ce poucos serviços e possui baixa resiliência. Em contrapartida, o Brasil consome serviços e produtos decorrentes da atividade espacial que são oferecidos por outros países. Muitos desses produtos e serviços poderiam ser oferecidos por empresas brasileiras caso houvesse uma estratégia nacional bem definida para o setor espacial.

Um desequilíbrio na balança da oferta e demanda não atende os interesses do País e é uma vulnerabilidade estratégica que continua se aprofundando. Daí a importância do setor espacial na agenda do Brasil e a necessidade de o País investir continuamente nessa área.

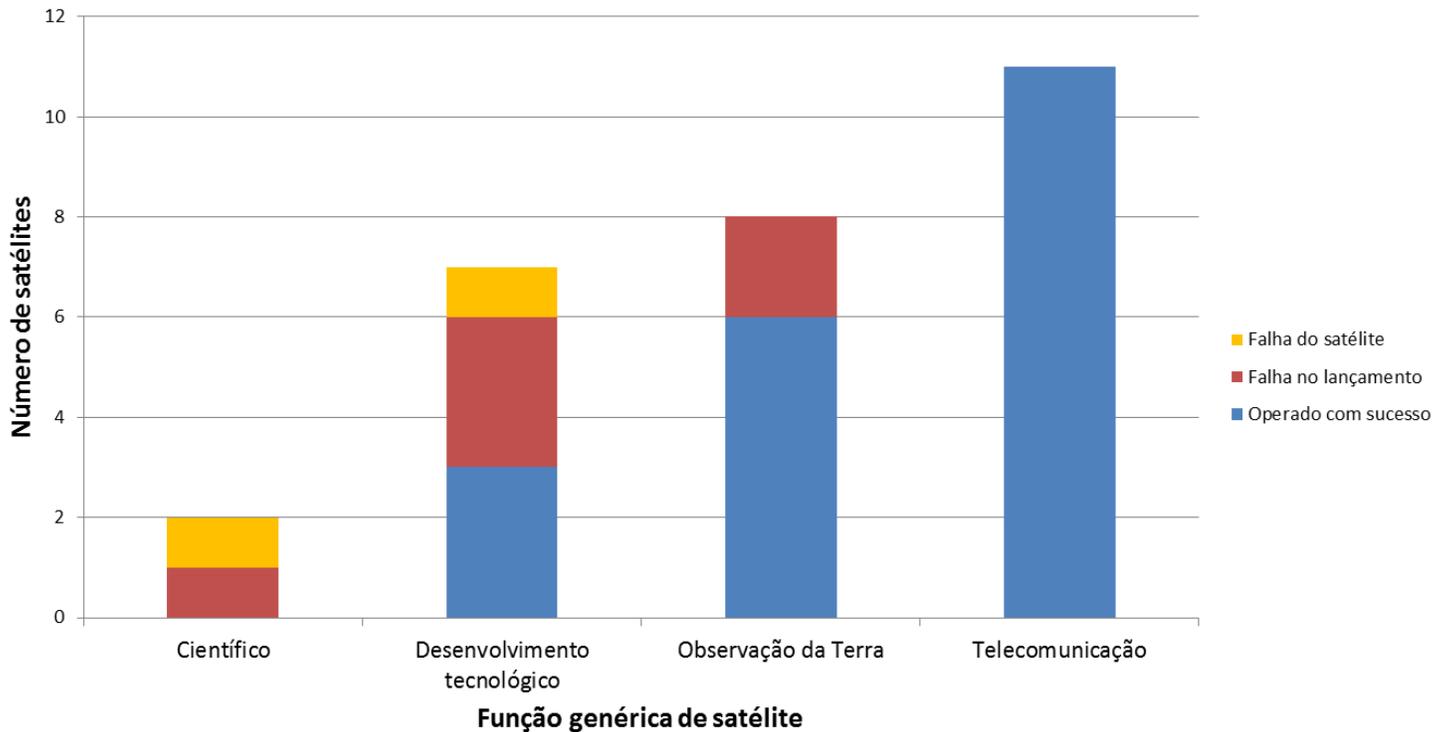


Figura 2: Distribuição dos satélites brasileiros listados na Figura 1 e agrupados por função genérica. A quantidade de objetos que não operaram devido a uma falha no lançamento ou de funcionamento são representados, respectivamente, em cor vermelha e amarela.

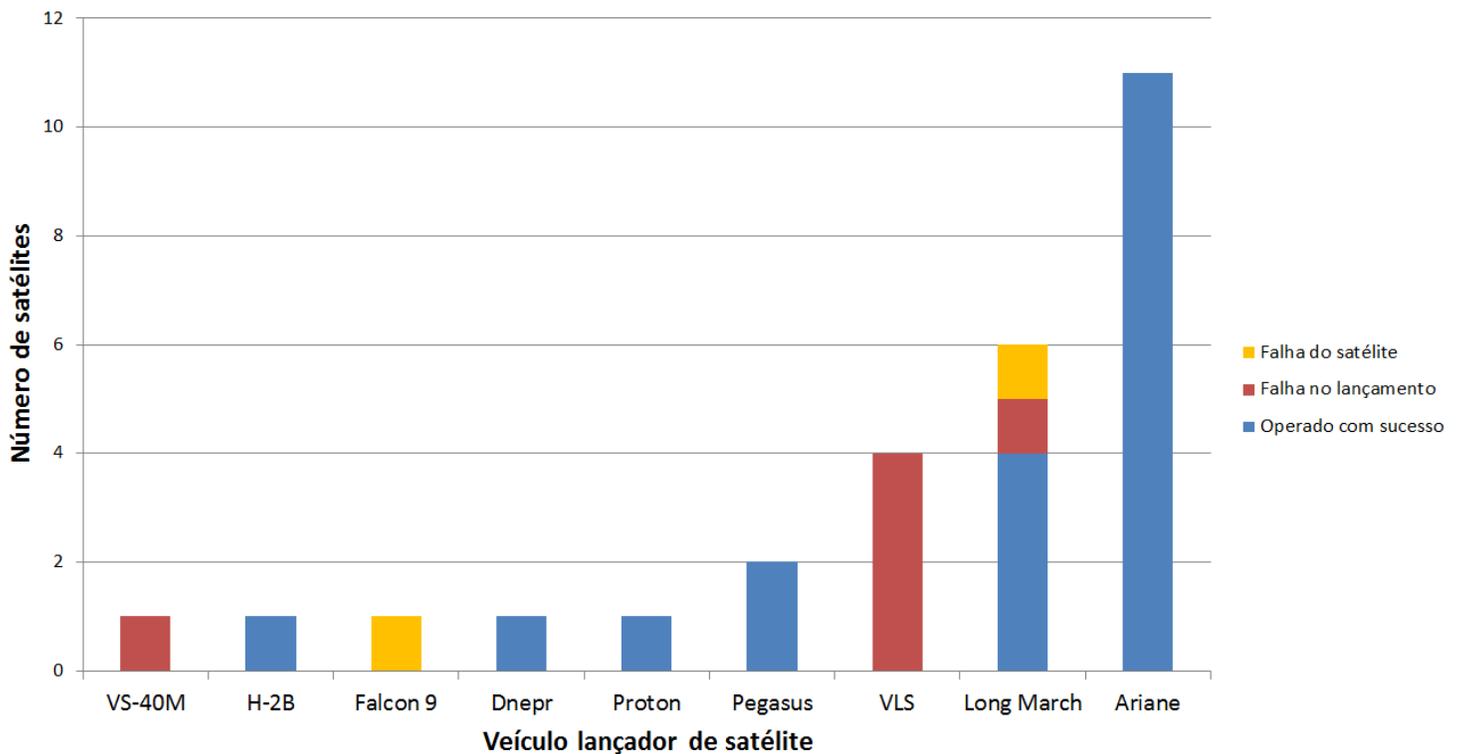


Figura 3: Distribuição dos satélites brasileiros listados na Figura 1 e agrupados pelo veículo lançador utilizado. A quantidade de objetos que não operaram devido a uma falha no lançamento ou de funcionamento são representados, respectivamente, em cor vermelha e amarela. Obs. Dois cubesats brasileiros foram posteriormente inseridos em órbita a partir da Estação Espacial Internacional.

## Conceitos espaciais inovadores

A sonda espacial Voyager 1, lançada em 1977, é o objeto fabricado pelo homem que se encontra mais distante da Terra. Após quase 39 anos viajando pelo espaço, em agosto de 2016, a sonda se encontrava a uma distância de aproximadamente 19 horas luz do nosso planeta, já fora dos limites do Sistema Solar mas ainda a uma distância intransponível da estrela mais próxima do Sol, *Proxima Centauri*, situada a 4,2 anos luz de distância. Esse feito extraordinário – posicionar uma sonda no meio interestelar – também ilustra bem as limitações na exploração espacial impostas pelas tecnologias existentes. Todos os sistemas de propulsão disponíveis são incapazes de acelerar um sistema espacial de modo a alcançar as velocidades relativísticas necessárias para, por exemplo, permitir viagens a exoplanetas potencialmente habitáveis ou, ainda, possibilitar que o trajeto entre a Terra e Marte possa ser rapidamente percorrido.

Recentemente, o Dr. Philip Lubin, professor do Departamento de Física da Universidade da Califórnia em Santa Bárbara, propôs um roteiro tecnológico que permitiria desenvolver sondas capazes de atingir velocidades impossíveis de serem atualmente alcançadas. Esse roteiro propõe utilizar um feixe de laser para transferir o momento dos fótons incidentes em uma espaçonave para acelerá-la até alcançar velocidades relativísticas. Essa proposta da utilização de propulsão a laser para viagens espaciais acabou recebendo o apoio da NASA e da Fundação Breakthrough.

Os modelos atuais indicam que utilizando essa tecnologia seria possível, por exemplo, enviar um satélite de 100 quilogramas para o planeta Marte que completasse todo o trajeto em apenas um dia de viagem. Eventualmente, também seria possível enviar um veículo tripulado de 100 toneladas a Marte em tão somente três dias de viagem. Atualmente, nenhuma outra tecnologia consegue realisticamente prometer feitos como esses.

Porém, os esforços atuais de desenvolvimento estão concentrados em objetos mais simples denomi-

nados sondas *wafer*, objetos com massa de apenas poucos gramas que possam alcançar 25% da velocidade da luz. Um objeto como esse poderia percorrer o trajeto entre a Terra e *Proxima Centauri* em 17 anos. De acordo com Lubin, para realizar tal feito será necessário investir em novas tecnologias que permitam desenvolver sistemas de comunicação, de imagem e de sensores que possam ser utilizados em uma missão interestelar desse tipo.

O Dr. Philip Lubin esteve envolvido no desenvolvimento de vários projetos espaciais, em particular os satélites científicos COBE (COsmic Background Explorer), da NASA, e *Planck*, da ESA, e experimentos a bordo de balões estratosféricos para estudos da radiação cósmica de fundo em micro-ondas. Pelo seu trabalho no satélite COBE, recebeu o Prêmio Gruber de Cosmologia em 2006. Recentemente, o Dr. Lubin trabalha no desenvolvimento de tecnologias de propulsão que permitam a construção de espaçonaves que atinjam velocidades relativísticas. A seguir, apresentamos um breve relato do Dr. Lubin sobre como esse projeto obteve apoio tanto da NASA quanto da Fundação Breakthrough:

*Em fevereiro de 2014, apresentei um colóquio na sede do instituto SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) em Palo Alto, na Califórnia, que foi baseado em um trabalho que comecei a desenvolver em 2009 sobre aplicações não convencionais de “energia direcionada” – DE, Directed Energy, em inglês. O convite para esse colóquio surgiu em função de eu ter publicado alguns artigos sobre esse tema em 2013 e de uma palestra plenária que havia apresentado em uma reunião da SPIE, em San Diego, no verão de 2013. Nessa palestra, mostrei o trabalho que havia desenvolvido sobre as aplicações da DE para defesa planetária, busca de inteligência extraterrestre e voo relativístico. Após o colóquio, o pessoal do SETI sugeriu que eu conversasse com Pete Worden (então chefe do Instituto AMES da NASA), que é conhecido por ser uma pessoa que gosta de desafios.*

No início do verão de 2015 fui agraciado com um apoio da NASA para desenvolver o programa DEEP (Directed Energy for interstEllar Propulsion). Meses depois, finalmente, me encontrei com Pete Worden na conferência 100YSS, em outubro de 2015, e mencionei a ele sobre o apoio que havia recebido da NASA e também sobre outros trabalhos relacionados a DE.

Sem dúvida, o Pete é uma pessoa que “pensa fora da caixa”! Ele, de uma forma incrível, percebeu rapidamente as implicações dessa tecnologia assim que nos encontramos. Enviei para ele um artigo que havia escrito sobre voos interestelares (“A Roadmap to Interstellar Flight”) alguns dias depois desse nosso encontro. Ele disse que iria mostrar esse artigo para algumas pessoas, como Yuri Milner, da Breakthrough Foundation. O artigo sobre o “roadmap” foi submetido ao JBIS em abril de 2015, cerca de um ano atrás e muito antes de saber qualquer coisa sobre a Breakthrough Foundation ou sobre Yuri Milner.

Pete Worden deixou de ser o diretor do Instituto Ames da NASA e aceitou a liderança da Breakthrough Foundation. Uma excelente escolha tanto para ele quanto para a Fundação. O tempo entre as discussões iniciais com Pete e o “sim” de Yuri foi incrivelmente curto. Para alguém como eu, acostumado a esperar de 9 a 12 meses para muitas vezes ouvir “sinto muito, obrigado por suas ideias, que são muito interessantes, mas, não”, de nossas agências federais de fomento, e ouvir alguém como Yuri dizer, em cerca de 10 semanas, “sim, e, a propósito, nós vamos investir 100 milhões de dólares na sua ideia”, é simplesmente algo que eu não estou acostumado. Eu ainda não acredito! A NASA foi bastante ousada ao fomentar o estudo inicial dessa tecnologia no âmbito do programa NIAC no verão de 2015. Esse investimento da NASA foi aumentado por um fator 1000 pelo Yuri menos de um ano após o apoio da NASA e um mês depois do término da fase I do NIAC. Foi um grande investimento para a NASA!

O leitor interessado pode encontrar mais detalhes no artigo:

Lubin, P. 2016, arXiv:1604.01356, JBIS in press.

## Impulsor de inovação

Esse projeto possui elementos visionários e de pioneirismo que são desafiadores, porém tecnicamente possíveis, e que possuem enorme potencial para a promoção de inovação. Além disso, o projeto exige planejamento de longo prazo e comprometimento com sua execução em uma escala de tempo muito maior do que de costume. É uma iniciativa que desafia conceitos e que pode profundamente impactar o futuro da atividade espacial.

O que mais chama a atenção é o fato de um projeto tão arriscado como esse ter conseguido uma linha de financiamento que permita o início da sua execução ao mesmo tempo que promove uma sinergia entre interesses e investimentos públicos e privados. Certamente, um exemplo de uma realidade e um *modus operandi* totalmente diferente do enfrentado pela atividade espacial brasileira.



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
Ciência, Tecnologia e Inovação

TWITTER  
@cg ee\_oficial

WWW.CGEE.ORG.BR