



WWW.CGEE.ORG.BR

Observatório de Tecnologias Espaciais BOLETIM

Apresentação

O uso de cubesats vem se configurando como uma tendência tecnológica no O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) apresenta mais uma edição do Boletim do Observatório de Tecnologias Espaciais (OTE). Nesta edição, são apresentadas matérias que tratam de duas tendências tecnológicas de grande potencial para o desenvolvimento do setor espacial no Brasil e no mundo. São elas: o desenvolvimento tecnológico no ramo dos satélites de alto rendimento (*High-Throughput Satellites*) e o desenvolvimento de tecnologias de coleta de energia solar no espaço (*Space-based Solar Power*). Também são apresentados dados atualizados sobre lançamentos de cubesats no mundo. Ainda hoje o uso de cubesats se configura enquanto uma tendência tecnológica em ascensão.

Cubesats

High-Throughput Satellites	2
Space-based solar power	4
Lançamento de cubesats	6
Referências	10

High-Throughput Satellites

Os HTS são artefatos espaciais com alta capacidade de recepção e transmissão de dados. Esse tipo de tecnologia permite um menor custo por bit transmitido, uma vez que se baseia no uso de múltiplos feixes e no reuso de frequência o que multiplica a banda disponível do satélite e, por conseguinte, gera um menor custo unitário por unidade de capacidade. Esses satélites costumam empregar banda Ka e, algumas vezes, banda Ku.

Diferentemente dos satélites de comunicação convencionais que têm um feixe largo cobrindo toda uma região ou país (como os satélites da banda C ou Ku), os HTS possuem vários feixes estreitos, sendo que cada feixe cobre uma região limitada (Figura 1).

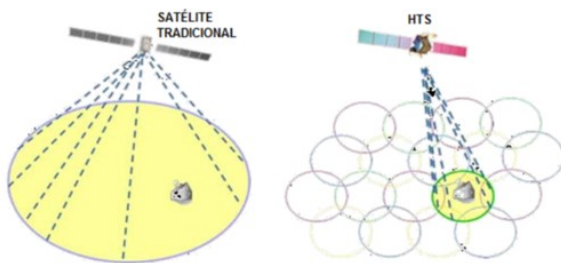


Figura 1: Emprego de feixes pontuais (spot)

Fonte: Solução Wireless Híbrida para a Universalização da Banda Larga no Brasil. Congresso Sucesu. 2012.

A utilização de feixes menores é uma técnica relacionada ao reuso de frequências. Essa técnica foi desenvolvida em razão do espectro eletromagnético que pode ser utilizado para fins de comunicações ser um recurso cada vez mais escasso em função da alta demanda. Ou seja, as faixas espectrais disponíveis para comunicações espaciais estão cada vez mais limitadas função da demanda por comunicações, que só tende a aumentar.

Uma solução é fazer uso de frequências mais altas, outra solução é empregar técnicas de reutilização

das mesmas frequências. Desta forma, um sistema HTS possui no mínimo o dobro, muitas vezes mais que isso, da capacidade de um satélite tradicional, para a mesma banda alocada.

Comparação entre os diferentes sistemas HTS

No que compete aos HTS, é preciso examinar os fatores relacionados aos diferentes tipos de sistemas utilizados. Apesar do grande potencial, ainda há pouco conhecimento sobre essa nova tecnologia entre os consumidores e a indústria em geral. Segundo a Harris CapRock Communications (2012), os sistemas HTS em banda Ka e Ku têm vantagens e desvantagens que variam conforme as aplicações a que se destinam. Algumas delas são listadas a seguir.

Em sistemas HTS o custo por Hz é reduzido quando se utilizam feixes de pequena cobertura na banda Ka e, também, quando se emprega banda Ku. Por outro lado, essa vantagem é prejudicada quando um sistema de banda Ka faz uso de feixes maiores, sacrificando o desempenho do enlace em favor da cobertura. A cobertura também varia conforme a dimensão do feixe. Sistemas de feixes direcionáveis são limitados em cobertura. No entanto, alguns sistemas HTS formam um “leque” de feixes pontuais que, coletivamente, criam cobertura continental e, às vezes, global.

Feixes pontuais de banda Ku e banda Ka são semelhantes em largura e, geralmente, comparáveis na cobertura do sistema. Feixes pontuais em Ka, no entanto, cobrem apenas cerca de 10% ou 15% da área coberta por um feixe de maior cobertura oferecendo, assim, menor cobertura. Outro fator relevante quando da análise de sistemas HTS nas bandas Ka e Ku diz respeito ao custo de equipamentos. Os sistemas HTS de banda Ka são menos comuns no mercado e, portanto, podem ser mais caros do que

os sistemas de banda Ku de desempenho semelhante. Além disso, os terminais com base em Ka ainda não são produzidos em quantidades significativas e, portanto, permanecem mais caros do que os terminais de banda Ku.

O perfil do cliente também interfere. A grande maioria dos consumidores paga valores cada vez mais baixos pelos serviços em banda Ku. Por outro lado, a indústria precisa investir em equipamentos de maior desempenho e confiabilidade de hardware, desse modo, pagam mais por equipamentos mais caros e de acesso restrito. No que diz respeito à disponibilidade, tem-se que uma das principais vantagens dos serviços de satélites em banda Ka é que a sua faixa do espectro ainda é pouco utilizada, assim, o uso de feixes pontuais na banda Ka permite uma reutilização de frequência muito mais elevada e multiplica a taxa de transferência de dados. Nesse sentido, sistemas HTS em banda Ka oferecem maior eficiência e cobertura quando comparados à banda Ku.

A confiabilidade da conexão também interfere na escolha por sistemas em banda Ka e Ku. Com comprimento de onda menor que as demais bandas utilizadas comercialmente, a banda Ka acaba sendo muito mais suscetível a perturbações do clima e outras interferências atmosféricas do que os enlaces em banda Ku. O uso de feixes pontuais melhora o desempenho da banda Ka, mas as comunicações em banda Ku permanecem mais confiáveis. Por conseguinte, é mais difícil e dispendioso oferecer serviços de alta disponibilidade e a preços acessíveis em banda Ka do que em banda Ku, particularmente em regiões onde as chuvas são frequentes, como as regiões equatoriais e tropicais.

Algumas considerações dos satélites HTS em Ka e Ku

O advento dos HTS permitiu aos provedores de serviços de rede oferecer uma série de novas soluções aos sistemas de comunicação via satélite. Para o cliente, isso se traduz no aumento da quantidade de dados obtidos e maior desempenho, a um menor custo.

Entre as faixas Ka e Ku não há, ainda, um vencedor definitivo, pois são os requisitos de aplicação e serviços disponíveis que devem determinar a faixa apropriada para suas operações. A banda Ka pode oferecer maior rendimento do que os sistemas Ku de tamanho semelhante. Assim, para usuários militares, a banda Ka tem mais benefícios e oferece mais eficiência, quando comparada à banda Ku. Por sua vez, para um rendimento mais confiável em condições meteorológicas extremas, a banda Ku ganha destaque, porque essa faixa de frequências mais baixas do que as da banda Ka sofre menor impacto dos fatores ambientais.

Dito isso, clientes com operações de "grau industrial" em locais remotos exigem serviços de comunicação altamente confiáveis. Para esses clientes, os sistemas HTS de banda Ku têm vantagem em relação aos sistemas de banda Ka. Por sua vez, sistemas HTS em banda Ka são fortemente competitivos na prestação de serviços àqueles clientes que prescindem de um alto grau de confiabilidade, mas não abrem mão de bandas com disponibilidade de frequência. É o ambiente de aplicação que vai determinar a banda apropriada. Em outras palavras, cada caso é um caso e o que vai variar é a aplicação que se deseja obter com uma banda ou outra. A importância desse tipo de avaliação se dá no intuito de gerar uma melhor compreensão sobre as melhorias que podem ser implementadas nos serviços de rede com sistemas HTS em ambas as bandas, Ka e Ku. O uso da banda Ka pelo sistema ViaSat-2, que custou US\$ 600 milhões e entrará em operação em breve, consegue uma taxa de 300 Gbps. Já está em desenvolvimento do ViaSat-3, que proporcionará 1000 Gbps.

Space-based Solar Power (SBSP)

Em 1960, Peter Glaser propôs a ideia de satélites coletores de energia solar. Ele imaginava um sistema fotovoltaico posicionado no espaço que poderia transferir energia sem fio para a Terra. Seu projeto previa uma plataforma de grandes extensões que continuamente coletasse a energia solar e convertesse essa energia em eletricidade. Ela seria, então, transmitida para a Terra e recolhida por estações receptoras (Dvorsky, 2012).

Resumidamente, o funcionamento desse sistema ocorre da seguinte maneira: os satélites são lançados ao espaço junto com painéis refletores e um transmissor de potência de micro-ondas ou laser. Esses painéis convertem a energia solar em micro-ondas ou laser, e transmitem energia de forma ininterrupta para a Terra. Essa radiação é transmitida sem fio para a Terra de uma forma segura e controlada. Na Terra, as estações receptoras de energia coletam essa energia e a adicionam à rede elétrica existente.

Cerca de 30% de toda a radiação solar que atinge a Terra nunca chega ao nível do solo. No espaço, dependendo da órbita, um satélite consegue sempre estar posicionado para o Sol e não há atmosfera para reduzir a intensidade dos raios solares que chegam até ele. Desde o início das pesquisas em energia solar tem havido uma severa limitação sobre o seu uso como energia renovável: ela só funciona quando o Sol está visível às placas coletoras. Isso restringiu as áreas onde os painéis solares podem ser usados, de forma mais eficaz, para regiões mais ensolaradas e secas. E mesmo em dias sem nuvens, a própria atmosfera absorve parte da energia emitida pelo Sol, reduzindo a eficiência do uso da energia solar.

Duas formas de coleta e transmissão de energia solar

Existem duas formas de transmissão de energia solar para a Terra: feixes de laser ou de micro-ondas.

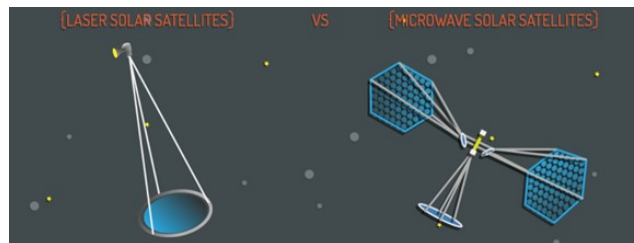


Figura 2: Space-based solar power
Fonte: Department of Energy. 2014.

A opção de feixe de laser envolveria o envio de pequenos satélites de transmissão de laser para o espaço a um custo relativamente baixo, entre US\$ 500 milhões a US\$ 1 bilhão de dólares. Mas com a produção de apenas 1MW a 10MW de energia por satélite, muitos satélites seriam necessários para fornecer energia suficiente para as necessidades atuais. Além disso, os satélites transmissores de laser teriam dificuldade em transmitir energia através de nuvens e chuva. A opção de micro-ondas teria a vantagem de transmissão ininterrupta através da chuva, granizo ou quaisquer outras condições atmosféricas e poderia fornecer GW de energia. É importante mencionar que a transmissão de energia via micro-ondas não representaria perigo à vida, pois, com uma área de recepção grande, a energia por área das micro-ondas recebidas fica extremamente dissipada. A principal desvantagem, no entanto, é o fato de que seriam necessários até 100 lançamentos no espaço para construir as estações espaciais aumentando os custos do projeto em dezenas de bilhões de dólares. Se o SBSP for perseguido usando radiação de micro-ondas, o ideal seria

lançar esse satélite em uma órbita geoestacionária. Além do mais, essa estrutura exigiria uma área de coleta de cerca de 3 quilômetros, pesando mais de 80.000 toneladas, com custos da ordem de bilhões de dólares (DoE, 2014).

Vantagens de desvantagens

Uma análise mais detalhada do investimento nesse tipo de tecnologia produz uma longa lista de vantagens. Em primeiro lugar, trata-se de um tipo de energia limpa, verde e segura. A coleta de energia solar no espaço é mais eficiente do que a coleta de energia solar na superfície da Terra por muitas razões. Segundo Dvorsky (2012), a coleta de energia solar no espaço é sete vezes maior por unidade de área do que na superfície do planeta.

Outro fator relevante é que a energia solar coletada no espaço forneceria independência verdadeira de energia para aquelas nações que investirem nesse tipo de tecnologia. E, além disso, a energia poderia ser exportada praticamente para qualquer lugar do mundo, sendo especialmente valiosa para as regiões mais isoladas do globo.

Seria possível transmitir energia a vastas porções do globo, onde quer que os receptores fossem configurados. Isso abre a possibilidade de enviar eletricidade a países em desenvolvimento ou áreas atingidas por desastres. A energia solar coletada no espaço não requereria o desenvolvimento de grandes baterias para armazenagem. Ainda segundo Dvorsky (2012), essa energia também traria enormes benefícios para a exploração espacial humana e robótica, incluindo a possibilidade de criação de colônias na Lua, em Marte e abastecimento de estações espaciais.

No entanto, há algumas desvantagens associadas a essa tecnologia. Os painéis solares no espaço têm de lidar com condições adversas ao mesmo tempo em que convertem a radiação solar em energia e transmitem essa energia para equipamentos ainda extremamente caros. Os painéis terrestres, por sua

vez, podem ser muito mais simples e, portanto, muito mais baratos.

Outra desvantagem está relacionada ao fato de que lançar vários painéis solares para o espaço não será barato. Atualmente, o custo de lançamento é um dos fatores que mais influenciam na determinação do custo da energia solar coletada no espaço. Dessa forma, se não houver redução do custo de lançamento desses painéis para o espaço, os valores da produção desse tipo de energia não serão financeiramente competitivos.

Lançamentos de cubesats: atualização

De 2000 a abril de 2017 foram lançados ao espaço 653 cubesats. Conforme apresentado no gráfico abaixo (Gráfico 1), em 2017 (até abril), foram lançados 142 cubesats. Nessa série histórica, o ano de 2015 registrou o maior número de lançamentos, ficando atrás apenas dos lançamentos de 2017 que já superaram os de 2015. Essas informações foram obtidas do banco de dados sobre lançamentos de cubesats da Saint Louis University. Abaixo constam algumas informações atualizadas sobre lançamentos de cubesats.

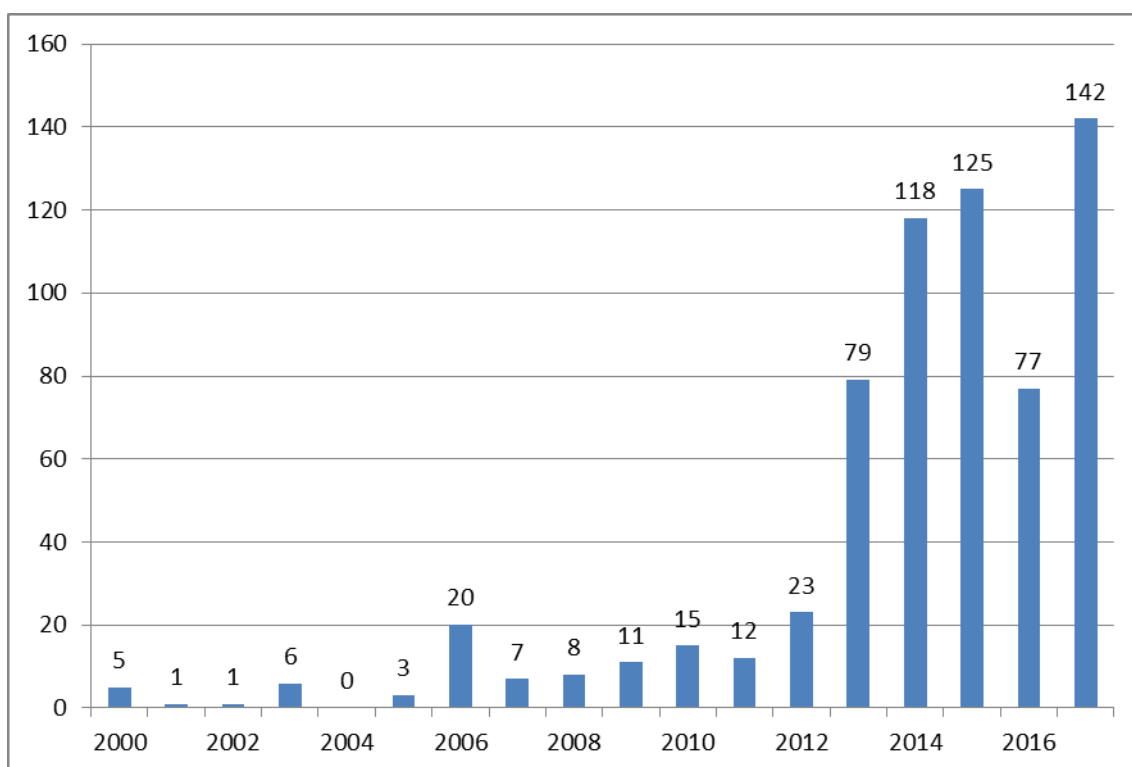


Gráfico 1: Lançamento de Cubesats, por ano

O Gráfico 2 ilustra a distribuição dos cubesats lançados, entre 2000 e abril de 2017, segundo a instituição demandante da missão. Conforme é possível perceber, entre 2014 e 2017 as organizações comerciais são as que mais lançam satélites (total de 341 cubesats lançados até abril de 2017) seguidas das universidades (total de 202 cubesats lançados até abril de 2017).

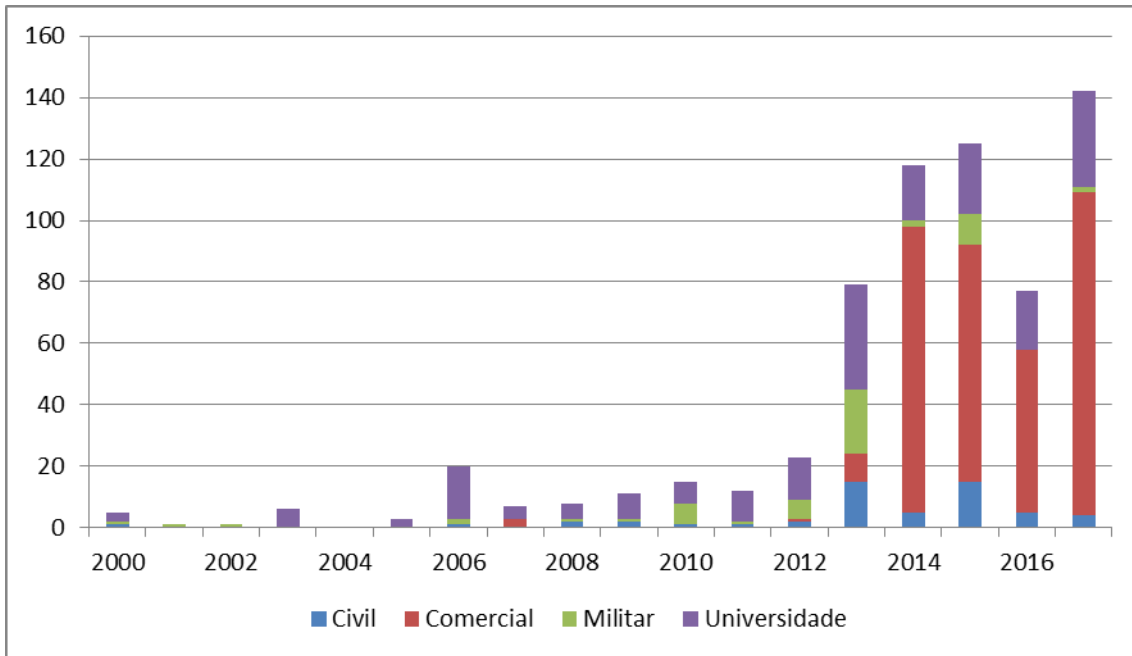


Gráfico 2: Número de cubesats lançados em função do ano de lançamento, e do tipo de organização demandante
 Fonte: CubeSat Database. Saint Louis University

No Gráfico 3 é apresentado o total de cubesats lançados por organização demandante, somados todos os lançamentos entre 2000 e abril de 2017.

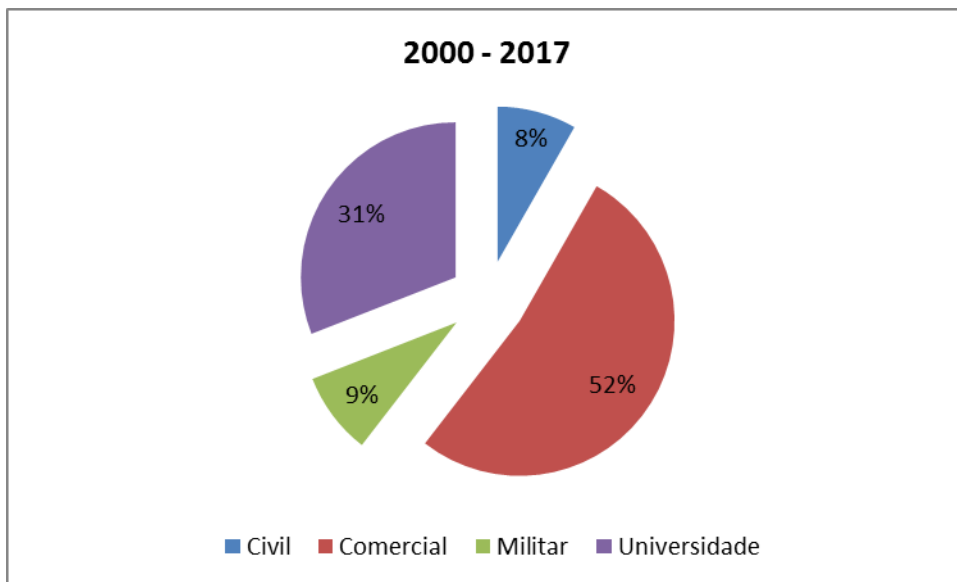
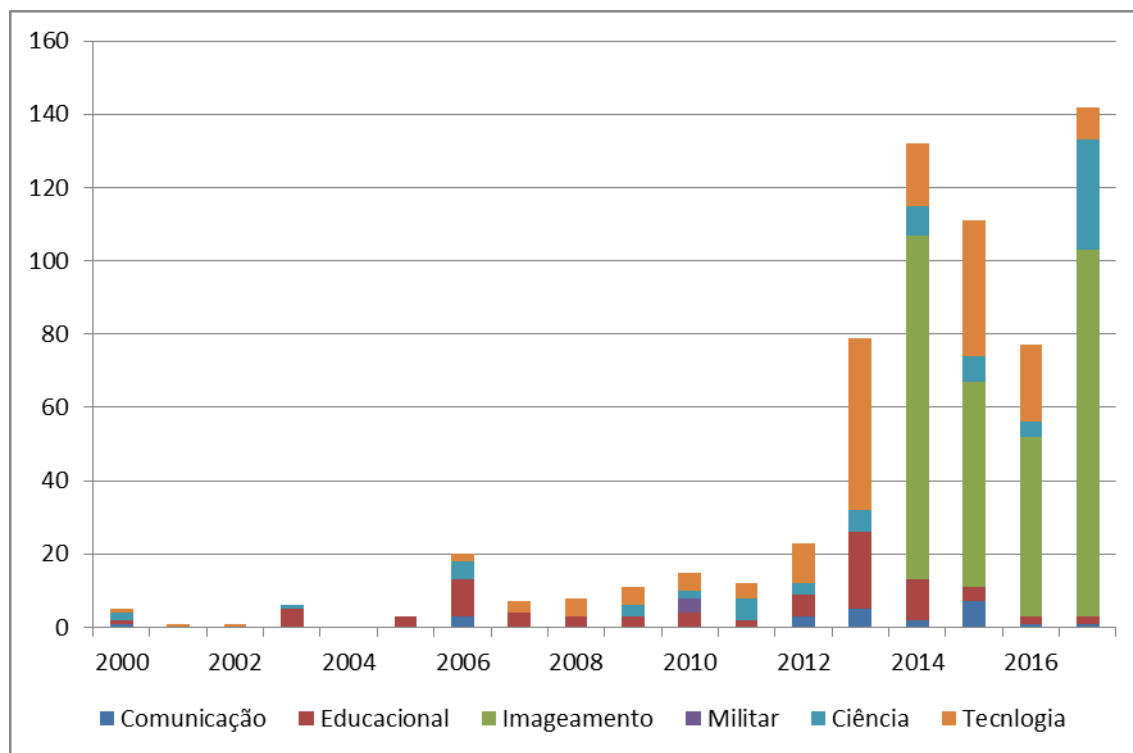


Gráfico 3: Número de cubesats lançados segundo tipo de organização demandante, entre 2000 e abril de 2017
 Fonte: CubeSat Database. Saint Louis University

Lançamentos de cubesats: atualização

No Gráfico 4 são mostrados os tipos de aplicações para as quais os cubesats já foram utilizados e a evolução temporal dos lançamentos. Conforme apresentado abaixo, cubesats têm sido empregados para fins educacionais, científicos, militares, de demonstração de tecnologias, de comunicação e de sensoriamento remoto da Terra.

Gráfico 4: Distribuição



tribuição do número de cubesats em função do ano de lançamento e do ramo de aplicação
Fonte: CubeSat Database. Saint Louis University

Desta forma, somados os cubesats lançados entre 2000 e abril de 2017, tem-se que o ramo destinado ao sensoriamento remoto da Terra desponta em primeiro lugar, seguido da aplicação de demonstração de tecnologias.

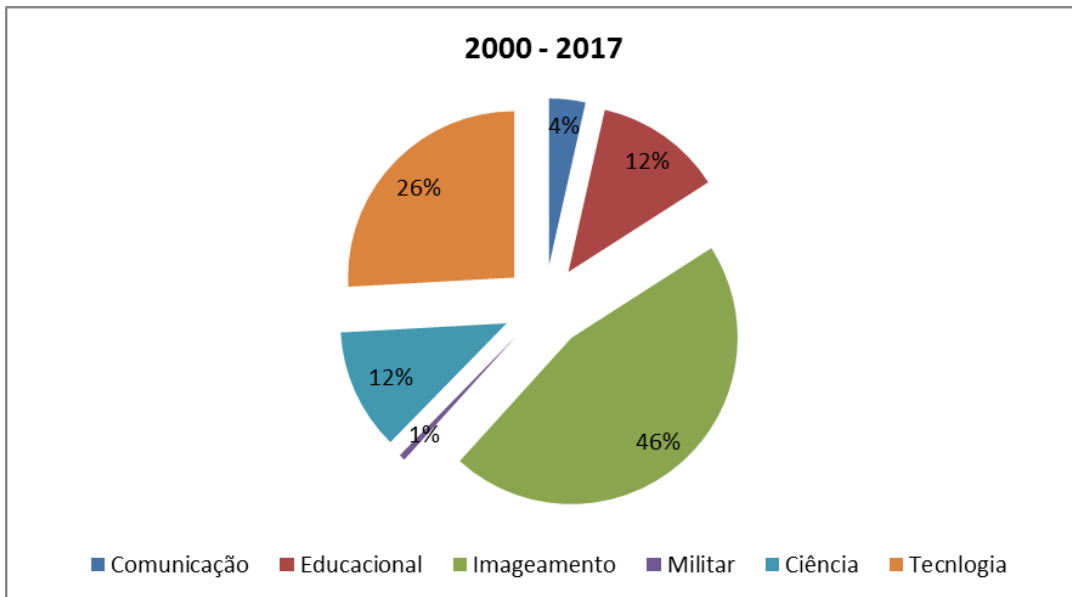


Gráfico 5: Número de cubesats lançados segundo ramo de aplicação de 2000 a 2017
 Fonte: CubeSat Database. Saint Louis University

Ainda segundo a base de dados da Saint Louis University, dos 653 cubesats lançados até abril de 2017, 25% deles estão ativos e 28% estão em pré-órbita (Gráfico 6)

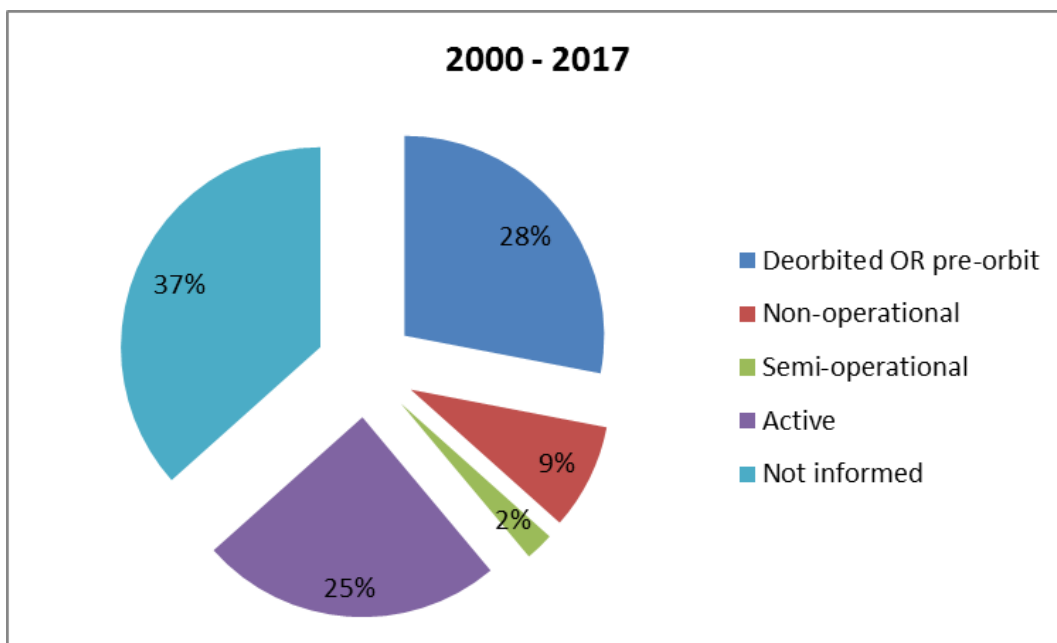


Gráfico 6: Status dos cubesats lançados, de 2000 a abril de 2017.
 Fonte: CubeSat Database. Saint Louis University

No que diz respeito aos lançamentos de cubesats por país, os Estados Unidos continuam na liderança, sendo responsáveis por 76,26% dos objetos lançados até abril de 2017, seguido do Japão com 3,52% de lançamentos no mesmo período. Na Tabela 1 estão apresentados os percentuais de lançamentos de cubesats por país, de 2000 a abril de 2017.

Países	Percentual
EUA	76,26%
Japão	3,52%
Alemanha	1,68%
China, Dinamarca	1,53%
Reino Unido, Singapura	1,07%
Coréia do Sul	0,92%
Espanha, Itália, Países Baixos	0,77%
Canadá, Rússia, Turquia	0,61%
África do Sul, Austrália, Bélgica, Brasil, França, Índia, Israel, Noruega, Peru	0,46%
Argentina, Grécia, Lituânia, Suíça, Taiwan, Ucrânia, Vietnã	0,31%
Cazaquistão, Colômbia, Emirados Árabes Unidos, Estônia, Finlândia, Hungria, Paquistão, Polônia, Porto Rico, Romênia, Uruguai	0,15%

Tabela 1: Percentuais de lançamentos de cubesats, por país, de 2000 a abril de 2017.

Fonte: CubeSat Database. Saint Louis University

Referências:

Not All Bands Are Created Equal. A Closer Look at Ka & Ku High Throughput Satellites. Harris CapRock Communications. 2012. Disponível em: http://www.harriscaprock.com/downloads/WP_HarrisCapRock_WhitePaper-Ka-Ku_Analysis.pdf.

DVORSKY, George. How space-based solar power will solve all our energy needs. IO9. 2012. Disponível em: <http://io9.gizmodo.com/5963955/how-space-based-solar-power-will-solve-all-our-energy-needs>.

Boletim do Observatório de Tecnologias Espaciais. CGEE. Nº 3, Ano 2. 2016.

VILLELA, Thyrso; BRANDÃO, Alessandra; LEONARDI, Rodrigo. Cubesats e oportunidades para o setor espacial brasileiro. CGEE. Revista Parcerias Estratégicas. Pg. 91-114. 2016.

Cubesat Database. Saint Louis University.