



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

JOSÉ RICARDO **SCHWARZ** SANTOS, Ten Cel Av

A evolução do Poder Espacial Brasileiro: Novos desafios e oportunidades no *New Space*
sob a ótica da Destruição Criativa.

Rio de Janeiro

2023

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

JOSÉ RICARDO **SCHWARZ** SANTOS, Ten Cel Av

A evolução do Poder Espacial Brasileiro: Novos desafios e oportunidades no *New Space*
sob a ótica da Destruição Criativa.

Trabalho de conclusão de curso apresentado,
como requisito parcial para aprovação, no
Curso Avançado de Comando e Estado-Maior.
Linha de Pesquisa: Operações Militares.
Orientador: RODRIGO OCTÁVIO LEÃO
ROCHA.

Rio de Janeiro

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me conceder força e sabedoria para concluir este trabalho, ao meu orientador Coronel Rocha pelo direcionamento nesta pesquisa, aos meus pais, à minha esposa Talita e filhas Beatriz e Alice pelo apoio incondicional e paciência pela ausência.

"Space doesn't have a mother. You can't reach out and hug a satellite. You can't see it; you can't touch it. It's hard to have that connection"

Gen. John Raymond, Chief of Space operations for the service.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo identificar em que medida o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) encontra-se alinhado com as tecnologias do *New Space* em uma abordagem qualitativa. Através de uma pesquisa bibliográfica, a pesquisa foi desenvolvida primeiramente na exploração do conceito da Teoria da Destruição Criativa de Schumpeter, de como o surgimento de uma tecnologia causa a disrupção de outra, provocando o surgimento de novos modelos de negócio, afetando a economia e tornando as antigas tecnologias obsoletas. Em seguida, foram identificadas algumas características do ambiente espacial, como ele se apresenta e algumas de suas peculiaridades, para então ser abordado o que é o *New Space*, suas principais características e tecnologias, e como se encaixam na Teoria de Schumpeter. Por fim, foi analisado o PESE, suas características e elementos e como eles se relacionam com o *New Space*, à luz da Teoria da Destruição Criativa. Com isso foi analisado como o PESE se encontra no *New Space* com relação às atuais tecnologias e como pode se beneficiar delas.

Palavras-chave: Destruição criativa; disrupção; *New Space*; PESE.

ABSTRACT

This work aimed to identify to what extent the Strategic Program for Space Systems (PESE) is aligned with the New Space technologies in a qualitative approach. Through bibliographical research, the research was first developed in the exploration of the concept of Schumpeter's Theory of Creative Destruction, of how the emergence of a technology causes the disruption of another, causing the emergence of new business models, affecting the economy and tornado the old obsolete technologies. Then, some characteristics of the space environment were identified, how it presents itself and some of its peculiarities, to then verify what the New Space is, its main characteristics and technologies, which fit Schumpeter's Theory. Finally, the PESE was analyzed, its characteristics and elements and how they relate to the New Space, in the light of the Theory of Creative Destruction. With this, it was analyzed how the PESE is in the New Space in relation to current technologies and how it can benefit from them.

Keywords: *Creative Destruction; disruption; New Space; PESE.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tipos de órbita.....	17
Figura 2 - Evolução da massa dos satélites	22
Figura 3 - Acelerador orbital da Spinlaunch.....	23
Figura 4 - Arquitetura de comunicações multicamada.....	24
Figura 5 - Ecossistema espacial e as novas tendências que influenciam em sua evolução...	26
Figura 6 - Escolha preferencial do PESE para atingir uma indústria espacial sustentável economicamente.....	29
Figura 7 - Diagrama de contexto dos Sistemas Espaciais do PESE.....	29
Figura 8 - Papel das startups em vermelho, papel do Estado em laranja.....	31
Figura 9 - A importância de políticas nacionais para a garantia de segurança de crédito em laranja o que atrai os investidores sejam bancos, venture capital, novo dinheiro, novos atores, novos estados, em verde.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BAT	Baidu Alibaba Tencent
CACEM	Curso Avançado de Comando e Estado-Maior
ECEMAR	Escola de Comando e Estado Maior da Aeronáutica
FAB	Força Aérea Brasileira
GAFA	Google Amazon Facebook Apple
GEO	Órbita Geoestacionária – <i>Geostationary Orbit</i>
GTO	Órbita de Transferência Geoestacionária – <i>Geostationary Transfer Orbit</i>
HEO	Órbita Altamente Elíptica – <i>Highly Elliptical Orbit</i>
LEO	Órbita Terrestre Baixa – <i>Low Earth Orbit</i>
MEO	Órbita Terrestre Média – <i>Medium Earth Orbit</i>
PESE	Programa Estratégico de Sistemas Espaciais
Ponto L	Ponto de Lagrange
SSO	Órbita Síncrona Solar – <i>Solar Synchrony Orbit</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	METODOLOGIA.....	10
3	REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1	A Destruição Criativa.....	13
3.2	O Ambiente Espacial	15
3.2.1	O limite do espaço	16
3.2.2	Tipos de órbitas.....	16
3.2.3	O hélio-3	18
3.3	<i>New Space e Old Space</i>	19
3.4	O que há de velho.....	20
3.5	O que há de novo?.....	20
3.5.1	Tecnologias.....	21
3.5.2	O valor agregado.....	25
3.6	Uma melhor compreensão.	25
3.7	O Programa Estratégico de Sistemas Espaciais.....	26
4	APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	28
4.1	Tecnologias	28
4.2	Elemento financeiro.....	31
5	CONCLUSÃO.....	32
	REFERÊNCIAS	34
	GLOSSÁRIO	36

1 INTRODUÇÃO

O espaço exterior constitui-se num ambiente que sempre fascinou a humanidade, esse fascínio pode ser comparado com o ambiente aéreo que, antes da invenção do avião, desafiava os homens. Após o primeiro voo do mais pesado que o ar, o desenvolvimento da aviação como um todo, tecnologia, motores, indústria, doutrina, armamentos, dentre outros, propiciou o domínio do ar. A demanda de novas tecnologias apropriadas ao ambiente aéreo provocou processos disruptivos em diversas áreas como a tecnológica, a econômica, a industrial e a doutrinária.

A história mostrou que a área da aviação, de fato, se constitui uma área distinta da marítima e da terrestre, que exigiu a adequação de tecnologias, doutrinas e materiais de forma disruptiva, elevando os padrões para que a sua operação seja cada vez mais segura.

De forma semelhante, o domínio do espaço tem se consolidado desde o início da corrida espacial durante a Guerra Fria, período de grandes avanços das agências espaciais, com destaque para os Estados Unidos e União Soviética. Assim como no surgimento do avião, a evolução tecnológica espacial tem causado processos disruptivos de grande importância para a humanidade.

Desde a compreensão da gravitação, de como a força de atração denominada gravidade puxa os corpos com massa um em direção ao outro, até o desenvolvimento de dispositivos que permitam a saída da atmosfera terrestre foram necessários anos de estudos e desenvolvimento de teorias que sustentassem e viabilizassem a pesquisa e criação de tecnologias que permitissem o acesso ao espaço. Essa evolução no campo acadêmico-científico na área espacial tem sido palco de grandes avanços que, adicionalmente com os avanços tecnológicos, tem viabilizado o surgimento disruptivo da exploração espacial num advento denominado *New Space*.

As novas tecnologias espaciais possuem aspectos que estão revolucionando o modo de vida das pessoas, ampliando a conectividade, influenciando suas preferências, facilitando e inovando processos e, dessa forma, causando disrupturas que forçam os Estados e sociedades a se atualizarem para permanecerem na vanguarda. A Destruição Criativa formulada por Joseph Schumpeter nos traz um entendimento disso.

Criada no século XX, a Teoria da Destruição Criativa aborda como novas tecnologias disruptivas destroem as antigas, afetando os modelos de negócios e, inclusive, a economia. Conforme ocorreu com a área aeronáutica, na qual o avião introduziu uma tecnologia capaz de alcançar distâncias maiores com menos tempo, de dominar um ambiente que, até então, se limitava à observação humana, estudos e formulações de histórias e fábulas. A aplicação militar

da arma aérea foi comprovada nas guerras e sua importância não é mais contestada. Quando um Estado segue para um conflito armado sem uma Força Aérea bem estabelecida, fatalmente está fadado ao insucesso dessa empreitada.

O setor espacial segue para rumos semelhantes ao do setor aéreo. O uso dual dos sistemas espaciais, assim como no setor aéreo, apresenta-se como um negócio altamente lucrativo. E, de maneira disruptiva, o valor agregado aos produtos espaciais aponta para um mercado no qual poucos atores terão o domínio satisfatório e se beneficiarão dele.

Kodheli *et al.* (2021) e Denis *et al.* (2020) apontam para a iniciativa chamada *New Space*, ou Novo Espaço (tradução livre), que possui várias oportunidades e tecnologias, por exemplo, existem os satélites menores, com capacidades versáteis de configuração, as novas formas de lançamento de satélites, mais econômicas e eficientes, o aumento das mídias de *streaming* e da necessidade de ampliação das áreas de cobertura para o emprego dos sistemas de 5ª geração de comunicações (5G).

A Estratégia Nacional de Defesa (END) atribuiu ao Comando da Aeronáutica a responsabilidade de gerenciar estrategicamente os assuntos de sistemas espaciais, de forma a promover a autonomia de produção, de lançamento, de operação e de reposição deles. Na Força Aérea Brasileira, a Comissão de Coordenação e Implantação de Sistemas Espaciais (CCISE) é a responsável pelo gerenciamento do PESE.

Como referencial teórico foram abordados DENIS *et al.* (2020) que tratam sobre o advento do *New Space* e sua evolução; SCHUMPETER (1934) que concebeu a Teoria da Destruição Criativa que pode ser empregada nesta pesquisa; YUEH (2018) que trouxe os doze economistas mais importantes da história, dentre os quais consta o economista Schumpeter; CARDOSO (2017) para o levantamento das características da indústria espacial brasileira, dos produtos e serviços espaciais, assim como da agregação de valor aos produtos; e KODHELI *et al.* (2021) que abordam sobre as comunicações satelitais na era do *New Space*.

2 METODOLOGIA

O objetivo geral da pesquisa foi identificar em que medida o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE, BRASIL, 2018) encontra-se alinhado com as tecnologias do *New Space* em uma abordagem qualitativa.

O primeiro objetivo específico foi identificar as principais características da Teoria da Destruição Criativa de Schumpeter e como elas estão relacionadas com eventos históricos disruptivos. A teoria tem a possibilidade de aplicação em diversos eventos nos quais novas

tecnologias causam processos de destruição de foram a originar novos mercados, produtos e demandas que influenciam a economia, novos modelos de negócio e cadeias de suprimento.

O segundo objetivo específico foi identificar como o *New Space* provocou a disruptura do *Old Space* à luz da Teoria da Destruição Criativa de Schumpeter foi atingido. Assim como foram levantadas as principais características do advento e algumas novas tecnologias com relação às comunicações 5G, novos métodos de lançamento e da miniaturização dos satélites, os *cubesats*. Os processos disruptivos que o *New Space* tem causado na economia, nos modelos de negócio, cadeias de suprimento, mercado consumidor dentre outros.

O terceiro objetivo específico foi analisar se o PESE está inserido no contexto do *New Space* e, caso positivo, como está sendo a interação do programa com os novos elementos. Nesta etapa da pesquisa, foram analisados o Programa, sua concepção e características, confrontando-os com o advento do *New Space* e a Teoria da Destruição Criativa de Schumpeter.

A hipótese estabelecida foi de que o PESE está atualizado com relação às tecnologias do *New Space*. Para respondê-la a pesquisa foi conduzida por levantamento bibliográfico, pesquisa das novas tecnologias empregadas no *New Space*, análise documental e análise qualitativa.

Inicialmente foi verificada a Teoria da Destruição Criativa (SCHUMPETER, 1934), através da qual o economista descreve como a introdução de uma nova tecnologia disruptiva pode inovar processos, economias, mercados e atores já estabelecidos no mercado. O capitalismo se renova com a Destruição Criativa. Yueh (2018), que trata dos doze economistas mais importantes da história, traz a biografia de Schumpeter e como o contexto vivenciado por ele influenciou no estabelecimento da Teoria. Esta teoria é perfeitamente aplicada no advento do *New Space* e, como foi verificado na presente pesquisa, efeitos das novas tecnologias já estão sendo notados na estrutura já estabelecida da exploração espacial pelas agências espaciais de Estado.

Após o embasamento fornecido pela Teoria da Destruição Criativa, a pesquisa foi orientada a buscar as novas tecnologias aplicadas no *New Space*. Neste escopo, encontrou-se uma ampla complexidade que envolve o *New Space*, pois sua composição extrapola, e muito, as novas tecnologias espaciais. Dessa forma, a pesquisa foi direcionada para a investigação do ambiente espacial e suas principais características de forma a nivelar-se o conhecimento, nesta etapa foram consultados os sites de entidades que tratam do assunto, como a NASA.

Em seguida, a pesquisa focou-se em verificar as novas tecnologias do *New Space*, nesse quesito os autores Denis *et al.* (2020) apresentam várias características desse novo advento com a ênfase de como a exploração espacial tornou-se lucrativa e, de forma disruptiva, introduziu

não somente tecnologias, mas novos modelos de mercado, novas estruturas, novos investimentos, dentre outros. Os autores Kodheli *et al.* (2021), pelo IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers – Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos), trazem uma abordagem bem técnica de como as comunicações estão sendo, de igual forma disruptiva, transformadas pela tecnologia 5G, sem a utilização de estruturas terrestres, para a transmissão e recepção de dados em alta velocidade. Uma tecnologia para lançamento sem o uso de foguetes foi inserida na pesquisa porque o lançamento de satélites consiste em uma limitação brasileira.

A pesquisa foi limitada a essas três tecnologias pois constituem as que melhor atendem as atuais lacunas identificadas no PESE.

Por fim, foram levantados os elementos do PESE (Brasil, 2018), se estão ou não inseridos na realidade do *New Space*, com a abordagem limitada às tecnologias. Como essas tecnologias podem ser empregadas no Programa de forma a impulsionar a participação da FAB no novo contexto de exploração espacial. Confrontando o PESE com as novas tecnologias, foi possível verificar como a Teoria da Destruição Criativa pode deixar o Programa obsoleto nos próximos anos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A Teoria da Destruição Criativa de Schumpeter (1961) permite compreender melhor como o surgimento de novas tecnologias podem gerar processos disruptivos nas sociedades que podem desestabilizar setores econômicos já estabelecidos, substituir modelos de negócios antigos e impulsionar o crescimento econômico em novas direções.

Sob a ótica da teoria de Schumpeter, as principais características, elementos e tecnologias do *New Space*, um movimento que se refere ao crescimento do setor espacial impulsionado por empresas privadas e *startups* inovadoras, que, frente aos aspectos do *Old Space*, criaram uma ruptura contemplada na teoria mencionada. (DENIS *et al.*, 2020; KODHELI *et al.*, 2021).

Após verificado o referencial teórico, verifica-se como Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (BRASIL, 2018), uma iniciativa importante do governo brasileiro no campo espacial, está inserido nesse contexto, assim como ele pode se fortalecer, buscando otimizar os recursos e compreender melhor a dinâmica com a qual os elementos do *New Space* podem ser incorporados ao Programa, ou mesmo que apenas considerados.

3.1 A Destruição Criativa

O economista político austríaco Joseph Alois Schumpeter, nascido em 1883, consta como um dos 12 economistas mais importantes da história, segundo Yueh (2018, p.12). Um grande debate econômico é sobre como fazer as economias mais produtivas. Não somente a capacidade de recuperação frente às crises econômicas, mas também a capacidade de crescimento da produtividade na estagnação das economias desenvolvidas. Uma outra questão que a Teoria da Destruição Criativa do economista austríaco enfatiza é sobre a importância dos empreendedores e inovadores nesse processo. (YUEH, 2018).

Schumpeter na Teoria da Criação Destrutiva aborda a relação entre a inovação, a criação de novos mercados e a ação do empreendedor, que tem a capacidade de impulsionar o crescimento econômico. Na mencionada Teoria, antigos produtos e hábitos de consumir são substituídos por novos (SCHUMPETER, 1997, p.10), transformando a economia como um todo.

Um aspecto da economia que Schumpeter realça é que ela passa por longos ciclos, à medida em que novas tecnologias surgem, tornando as existentes obsoletas. E essas novas tecnologias impulsionam o crescimento econômico. A Destruição Criativa é, portanto, um fato essencial para o capitalismo, cuja estrutura está em constante fluxo e acaba sendo afetado por ondas de inovação tecnológica. Do ponto de vista de Schumpeter, o “capitalismo estável é um termo em contradição” (YUEH, 2018, p. 162, traduzido pelo autor).

A fim de aprofundar a compreensão da Teoria da Destruição Criativa, destaca-se que o economista vivenciou um período histórico marcado pela influência disruptiva de tecnologias inovadoras como o motor elétrico, o motor a combustão interna, ferrovias e a máquina de datilografar, elementos que mudaram drasticamente a economia. (YUEH, 2018)

Essas tecnologias revolucionárias impulsionaram o crescimento econômico permitindo o crescimento da economia e tornaram obsoletos antigos negócios. As ferrovias, por exemplo, transformaram radicalmente o transporte de pessoas e produtos, ao encurtarem distâncias e facilitarem o comércio em uma escala sem precedentes. Da mesma forma, as máquinas de datilografar trouxeram uma revolução ao substituírem a escrita manual, acelerando a produção de documento e impulsionando a comunicação escrita.

Lindner (2023), cita ainda o exemplo da destruição criativa que o automóvel provocou através do motor a combustão interna. Os Estados Unidos gerou novos empreendimentos nesse ramo, ao ponto de, na década de 1920, a indústria automobilística ter aumentado para 260 fabricantes. O automóvel teve participação fundamental nas áreas do petróleo, turismo,

entretenimento, varejo e outras indústrias. Da mesma forma o avião desencadeou uma evolução de novos negócios e empregos.

Lindner (2023) também cita o exemplo da Amazon, de como o seu crescimento “destruiu” os shoppings americanos pois revolucionou a área de compras tornando mais fácil para as pessoas comprar quase tudo o que precisam no conforto dos dispositivos eletrônicos. Isso provocou o fechamento de shoppings ou forçou aos velhos negócios buscarem outros nichos, um bom exemplo do que Schumpeter vislumbrou em sua teoria.

Outro caso de sucesso e exemplo de destruição criativa é a Netflix, uma história de sucesso digital que começou com um serviço de assinatura de DVD, há aproximadamente 15 anos. Lindner (2023) cita que a Netflix se atualizou com as novas tecnologias de streaming e se adaptou às plataformas móveis, esta capacidade aliada às velocidades de internet cada vez mais rápidas permitiu que a empresa se tornasse uma das maiores redes de distribuição de vídeo mundial. Essa revolução que a empresa causou tem sido tão perturbadora que alguns tem se referido ao fenômeno como “efeito Netflix” ou de empresas que foram “Netflixed”.

Enquanto alguns economistas aplicam modelos matemáticos estáticos, a destruição criativa admite que a constante mudança é um processo contínuo, no qual o equilíbrio não é o objetivo. Os “Schumpeterianos” sempre se embasaram na incrível criatividade do capitalismo, abordando a destrutividade como uma questão dos custos normais de fazer negócios. A Amazon revolucionou o comércio eletrônico e a Netflix a distribuição de vídeos a nível mundial são exemplos de sucesso da Destruição Criativa, pela forma disruptiva que se estabeleceram (LINDNER, 2023).

Por outro lado, existem os casos dos que não se adaptaram, se recusaram a admitir ou não perceberam que mudanças no seu negócio estavam prestes a acontecer pelo surgimento de novas tecnologias. Denis *et al.* (2020) citam o caso da Kodak que, à época, era o líder mundial de máquinas fotográficas de filme, perdeu o advento das tecnologias. O engenheiro Steve Sasson inventou a máquina fotográfica digital em 1975. Fato curioso é que o inventor trabalhava na própria Kodak, a empresa viu o invento e seu potencial antes de todos e, mesmo assim, deixou-o passar. Seja por estar confortável em sua posição de liderança, ou por enfrentar uma limitada concorrência, a gigante do mercado de fotos de filme não entendeu que aquela tecnologia seria disruptiva no seu mercado. Um ensinamento é que, ironicamente, os lendários líderes de mercado possuem acesso a experiências, talentos e capacidade de investir para aproveitar novas oportunidades, mas acabam perdendo a chance de se reinventar para continuar na liderança.

As novas tecnologias de serviços e plataformas digitais como carros elétricos (Tesla), veículos autônomos (Waymo), carros compartilhados (Blabla car) ou corridas de táxi por aplicativo (Uber) apontam para o fim da posse dos carros, balançando a indústria automobilística. Da mesma forma várias mudanças na cadeia de suprimento também desafiam os atores já estabelecidos no mercado. A nova revolução da Internet desafia os gigantes GAFA (Google, Apple, Facebook, Amazon) com o advento da inteligência artificial e transformação digital (DENIS *et al.* 2020). Mais uma vez é possível verificar a Criação Destrutiva atuando de forma disruptiva em diversos setores.

De forma concomitante, a evolução na área espacial tem se apresentado de forma disruptiva em diversos setores: tecnológico, estrutural, organizacional, comercial e industrial. Nogami (2019) abordando sobre a Teoria da Destruição Criativa de Schumpeter reforça que o surgimento de produtos e métodos capitalistas inovadores causam o desaparecimento de produtos e métodos antigos, isso pode ser correlacionado com o advento do *New Space*, que gera os mais diversos produtos que, há pouco mais de 15 anos, não eram vislumbrados. Seja pelo avanço tecnológico que proporcionam produtos mais acessíveis e que geram retorno lucrativo considerável, seja pelo surgimento de novas necessidades do mercado consumidor, novos atores e novas exigências, constata-se que a destruição criativa está bem presente nesse cenário.

Denis *et al.* (2020) trazem aspectos muito importantes para que haja uma melhor compreensão sobre as complexas evoluções que o ambiente espacial como um todo, atores, tecnologias e produtos, tem vivenciado. Assim como uma perspectiva que mostra o *New Space* como um ecossistema. De forma a nivelar o conhecimento do tema, segue-se com as principais características do ambiente espacial.

3.2 O Ambiente Espacial

O ambiente espacial distingue-se dos demais já conhecidos e dominados pelo homem. A superfície, o mar e o ar possuem características próprias, que exigiram o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para cada ambiente. Considerando-se desde o domínio do fogo, da roda, do metal, da pólvora, dos animais, dentre todas as possibilidades de exploração e emprego na superfície, as tecnologias para uso dual, civil e militar, foram se aperfeiçoando com o tempo.

O ambiente marítimo exigiu que as tecnologias de navegação, resistência à água e intempéries, logística e demais características fossem aperfeiçoadas para o emprego seguro. E, de igual forma, o ambiente aéreo exigiu novas tecnologias para que o domínio do ar fosse

conquistado e se tornasse uma forma rentável de exploração. Verifica-se que o uso dual dessas tecnologias está intrínseco.

Sob uma perspectiva mais ampla, os três ambientes citados são regidos pelas mesmas leis da gravidade, as leis de Newton. Sob às quais todos os corpos da superfície e os próximos à Terra estão submetidos.

O ambiente espacial está além do comportamento que a força gravitacional atua. Além das leis de Newton, as leis de Kepler são aplicadas nos corpos espaciais, adicionando características e comportamentos distintos. Ou seja, adicionalmente às leis da inércia (que os corpos da superfície estão sujeitos), as leis de Kepler cita que as órbitas dos planetas são elipses e que os planetas varrem áreas iguais em intervalos de tempo iguais. Essas leis são aplicadas aos satélites e sistemas espaciais.

Outra característica deste ambiente são as condições extremas de variação de temperaturas que exigem materiais tecnologicamente mais robustos que não poderão ser reparados quando estiverem em órbita. Atualmente, só há uma chance de o sistema espacial lançado funcionar, ou seja, além da robustez, a confiabilidade dos sistemas espaciais é muito importante. Adicionalmente, a qualidade superior dos sistemas espaciais é exigida para suportar as altas acelerações e vibrações dos foguetes lançadores.

3.2.1 O limite do espaço

Segundo a NASA (2021), para propósitos de voo espacial, alguns consideram como início do espaço a linha de Karman, atualmente definida como uma altitude de 100 quilômetros acima do nível do mar. Outros consideram que pode ser considerada uma linha de 80 quilômetros acima do nível do mar.

3.2.2 Tipos de órbitas

Os diferentes tipos de satélites necessitam de diferentes tipos de órbitas. A finalidade do satélite, que pode ser comunicações, investigação científica, meteorologia ou observação, determinará o tamanho e disposição dos sensores, assim com sua órbita. A determinação da classificação dos satélites está baseada na altitude orbital que ele ocupará. Segundo Sergieieva (2023) há cinco principais tipos de órbitas: órbita terrestre baixa (LEO); órbita terrestre média (MEO); órbita geoestacionária (GEO); órbita síncrona solar (SSO) e; órbita de transferência geoestacionária (GTO), descritas a seguir.

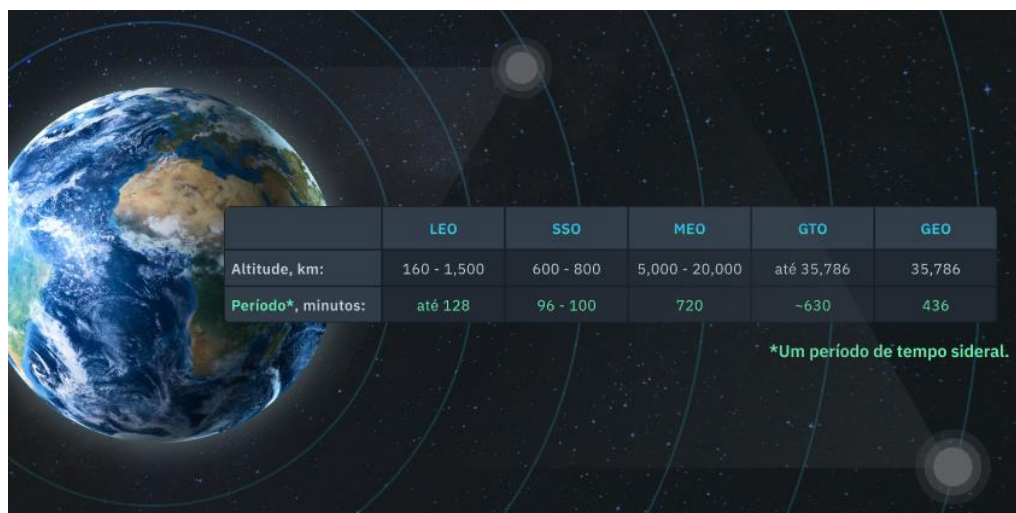


Figura 1 - Tipos de órbita. (Fonte: Sergieieva 2023).

LEO – altitude aproximada entre 160 e 1.500 quilômetros acima do nível do mar, o período orbital curto, entre 90 e 120 minutos, adequada para sensoriamento remoto, observação terrestre de alta resolução e pesquisa científica. Alta taxa de atualização dos dados e baixa área de cobertura, o lançamento de grupos de satélites permite o estabelecimento de constelações para cobrirem maiores áreas num trabalho em conjunto.

MEO – altitude aproximada entre 5.000 e 20.000 quilômetros acima do nível do mar, o período orbital entre 2 e 12 horas, adequada para serviços de posicionamento e navegação, como o GPS. Média taxa de atualização de dados e média área de cobertura.

GEO – altitude de 35.786 quilômetros acima do nível do mar, período orbital de 23 horas, 56 minutos, os objetos nesta órbita parecem estar imóveis com relação ao solo, o que permite o direcionamento de antenas terrestres para um mesmo dispositivo no espaço, adequada para serviços ativos de comunicação como TV e telefonia, ideal também para meteorologia e observação terrestre. Baixa taxa de atualização de dados e alta área de cobertura, cerca de três objetos uniformemente espaçados podem cobrir toda a Terra.

SSO – Altitude entre 600 e 800 quilômetros, com órbita síncrona do Sol, vai de norte a sul através das regiões polares, os satélites nesta órbita são calibrados para cruzar um determinado local no mesmo horário, adequada para observação da Terra e monitoramento ambiental. Alta taxa de atualização de dados e baixa área de cobertura.

GTO – Consiste numa órbita utilizada para migrar para a GEO, um ponto intermediário para a posição final do objeto. Essa órbita permite que um objeto atinja a GEO com recursos mínimos.

Há outros tipos de órbitas menos comuns como a órbita altamente elíptica (HEO), a órbita polar e o ponto de Lagrange (ponto L). (SERGIEIEVA, 2023).

Para CAPUANO *et al.* (2013), graças ao elevado número de satélites visíveis, a boa cobertura e a forte potência de sinal, muitos receptores GNSS estão operando com sucesso nas órbitas LEO. Para os próximos vinte anos, projeções mostram que aproximadamente 60% das missões espaciais serão operadas na LEO, 35% operarão nas altitudes até a GEO e as demais serão operadas em missões lunares, interplanetárias e na HEO.

3.2.3 O hélio-3

Flório (2016) aponta para a possibilidade relatada pelo ex-astronauta Harrison Schmitt que o cerne da segunda corrida espacial será por energia. Por exemplo, para os próximos 50 anos a sua matriz energética chinesa, que é 75% dependente de usinas de carvão, possui uma expectativa de aumento da demanda em quatro vezes mais que em 2016. Como alternativa para se evitar possíveis crises de energia, o hélio-3 se apresenta como uma alternativa interessante de produção de energia limpa.

O hélio-3 é um elemento trazido pelos ventos solares e sua fixação na Lua se dá em abundância na sua superfície, segundo Flório (2016). Ao contrário da Terra, cujo campo magnético bloqueia a entrada desse elemento e sua produção na atmosfera é pequena, na superfície lunar estima-se que numa área de dois quilômetros quadrados e três metros de profundidade contenha 100 quilos de hélio-3.

Johnson *et al.* (1999) realizaram uma estimativa matemática da distribuição de hélio-3 na Lua, com base nas pesquisas geofísicas do satélite da Terra, foram encontrados resultados entre oito e dezesseis partes por bilhão do elemento. Como exemplo dos locais calculados estão o Mar Moscoviense, a Cratera de Tsiolkovskiy, o Mar da Tranquilidade e Mar Oriental. Essa pesquisa retrata como a importância do hélio-3 tem recebido a atenção acadêmica e corrobora com a estimativa da quantidade de hélio-3 apresentada por Flório (2016).

Os processos para obtenção de energia nuclear, segundo Ricardo Galvão, especialista em física de plasmas da Universidade de São Paulo, são dois: fissão e fusão. O processo mais comum da fusão é a de dois isótopos de hidrogênio que acaba gerando nêutrons com um dos produtos, o que além de perigoso, é menos eficiente. A utilização do hélio-3 gera uma reação aneutrônica, sem geração de nêutrons ou seja: se trata de uma energia mais eficiente que não gera lixo nuclear (FLÓRIO, 2016).

Constata-se que as perspectivas quanto à exploração espacial são muito otimistas, tanto na sua aplicação mais eficiente de energia limpa, quanto na obtenção de lucro. Além do hélio-

3, Flório (2016) aponta ainda que a mineração espacial como objetivos a extração de gelo e metais preciosos são objeto de estudos e possível exploração no futuro.

Após o nivelamento sobre algumas características do ambiente espacial, passa-se a abordagem sobre o *Old Space* e *New Space* suas características e tecnologias que estão causando uma disrupção nos assuntos espaciais.

3.3 *New Space* e *Old Space*

Para se abordar o complexo tema denominado *New Space*, inicia-se com sua definição, pois não há um consenso e se trata de um desafio para a comunidade internacional. O seu uso é até considerado errôneo por alguns. Denis *et al.* (2020) trata que, para se falar em *New Space* teria que se existir um *Old Space*. Portanto, defini-la de forma simples não é fácil. “*New Space* é aquilo que NÃO é *Old Space*” (DENIS *et al.* 2020, tradução livre deste autor). Ou seja, uma definição que não agrega uma percepção clara.

A Space Frontier Foundation define *New Space* como “Pessoas, negócios e organizações trabalhando para abrir a fronteira do espaço para o assentamento humano através do desenvolvimento econômico” (DENIS *et al.* 2020, p. 432, tradução livre deste autor).

Martin Sweeting define como “o surgimento de um *ethos* diferente para o espaço, onde os métodos e negócios aeroespaciais estabelecidos têm sido desafiados pelo setor privado mais empreendedor, pela adoção de abordagens mais ágeis e explorando as últimas tecnologias *commercial-off-the-shelf*.” (DENIS *et al.* 2020, p. 432, tradução livre deste autor).

Uma concordância entre as definições do *New Space* é que a participação ou mesmo o envolvimento de agências governamentais são diminutas ou mesmo nulas. Ou seja, o setor privado torna-se o protagonista, em contraponto à estrutura inicial de exploração espacial, acima mencionada.

Outro aspecto são as novas tecnologias que baratearam o acesso ao espaço, criando uma dimensão disruptiva. As tecnologias da concepção inicial da corrida espacial tornou-se obsoleta e dispendiosa em muitos aspectos.

Khodeli *et al.* traz uma das melhores abordagens sobre o *New Space* encontradas nessa pesquisa que consiste no seguinte:

“*New Space* não se refere a uma tecnologia específica, mas implica em uma nova mentalidade sobre o espaço. Ele originou de três principais aspectos: 1) privatização do espaço; 2) miniaturização dos satélites e 3) novos serviços baseados em dados do espaço.” (KHODELI *et al.*, 2021, p. 73, traduzido pelo autor).

3.4 O que há de velho...

O início da corrida espacial protagonizada principalmente pelos Estados Unidos e pela União Soviética, deu-se no contexto da Guerra Fria. Com isso, as motivações visavam à segurança nacional, ao crescimento econômico e ao *status* internacional. Esses estados impulsionaram seus programas espaciais de forma a demonstrarem seu poderio tecnológico, econômico e militar. Segundo Matos (2022), os sistemas espaciais estavam atrelados a projetos extensos e caros, continham satélites planejados para durarem longos períodos em órbita.

Os investimentos espaciais, nesse período, não ficaram restritos apenas aos EUA e União Soviética suportados pelas suas agências públicas, no caso a National Aeronautics and Space Administration (NASA) e a Roscosmos, respectivamente. Outras agências espaciais como a European Space Agency (ESA) e a Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) se estabeleceram na exploração espacial de igual modo suportadas pelos estados. (MATOS, 2022).

Essa estrutura, que pode ser considerada um elemento do *Old Space*, sofreu mudanças drásticas, assim como a inserção de novos atores, novas tecnologias, novos modelos de negócio e diversos outros aspectos.

Um exemplo da disrupção que o *Old Space* tem sofrido é sobre o afastamento do Estado nas operações de lançamento de foguetes. Um fato que divulgado pela Revista Exame, em 15 de julho de 2012, foi que a NASA estava interrompendo seu programa de ônibus espaciais devido aos custos elevados. Como era um programa importante na logística de abastecimento e transporte para a Estação Espacial Internacional, pairou-se a dúvida em como essas atividades seriam realizadas. Aquela operação logística ficou a cargo unicamente dos foguetes russos Soyuz.

3.5 O que há de novo?

O advento do *New Space*, iniciado há aproximadamente doze anos, apresentou um modelo espacial novo, com atributos que refinam sua definição e mostram que os fatores diferenciais não são apenas a tecnologia, mas também, principalmente, modelos de negócio e estilos de companhias focadas em serviços, modelos rentáveis de uso de COTS (Tecnologia *commercial-off-the-shelf*), novas abordagens de confiabilidade, desenvolvimento incrementado e organizações ágeis e planas. (DENIS *et al.*, 2020).

Como exemplo de empresas atuantes no *New Space*, cita-se: a SpaceX, que utiliza o principal ícone tecnológico que é a Falcon 9, o primeiro foguete reutilizável, os grandes *players*

da esfera da internet (GAFA – Google, Amazon, Facebook e Apple e BAT – Baidu, Alibaba e Tencent), operadores de satélites (OneWeb, Starlink, Leosat, entre outros) das empresas privadas como SpaceX, Amazon, OneWeb e TeleSAT.

No surgimento do *New Space*, Matos (2022, p. 388) destaca que houve uma mudança de paradigma com “a atração de participantes comerciais, como *startups* e grandes conglomerados privados para as diversas cadeias de valor da indústria espacial, (...), dado que o espaço foi, até então, dominado pela atuação dos Estados”. Com isso, foi possível o aparecimento de tecnologias inovadoras, empreendedorismo, novos modelos de pesquisa e desenvolvimento.

Schumpeter nunca admitiu que o sistema capitalista está assegurado, ele acreditava que o capitalismo requer um empreendedorismo vibrante e regulação prudente para que prospere, ou seja, esses elementos constituem-se um motor do capitalismo. Como um motor físico, o capitalismo necessita de combustível ou pode quebrar. (YUEH, 2018). Isso corrobora com a ideia de que onde há iniciativa privada, há a busca por lucro.

Verifica-se que a Teoria da Destruição Criativa está fortemente presente no advento do *New Space* em diversos aspectos e setores da economia, causando a disrupção e apontando novas formas de organização e de empreendimento. Segundo Schumpeter (1942) esse ingresso de empreendedores inovadores é o que sustenta o crescimento econômico de longo prazo.

Segundo Kodheli *et al.* (2021), a privatização que o *New Space* abrange trata-se da manufatura e, principalmente, do lançamento de satélites por companhias privadas, em contraste com o tradicional modelo do Estado. Além disso, a miniaturização viabilizou o acesso fácil ao espaço com a possibilidade de se configurar os *cubesats* de forma variada para um único foguete lançador, em outras palavras, a versatilidade de configuração dos *cubesats* não exige que se desenvolva vários tipos de foguetes.

3.5.1 Tecnologias

3.5.1.1 Cubesats

A evolução das tecnologias espaciais consiste num fator que alavancou o *New Space*. Iniciando-se pelos satélites menores, os *Cubesats*, um modelo padronizado de satélites em formato de cubo, que podem ser configurados de diferentes formas. A configuração denominada U, consiste num cubo de 10 cm de lado e peso de 1,33 kg que pode ser acoplado a outros, o que possibilita diversas configurações (1U, 2U, 3U etc.). Cada cubo pode ser

configurado de acordo com a necessidade do operador, ou seja, pode conter sensores, lentes termais, lentes ópticas etc. A categoria desses satélites é denominada nano satélites, da classe *smallsats* (peso abaixo de 600 kg). (IMBUZEIRO, 2022).

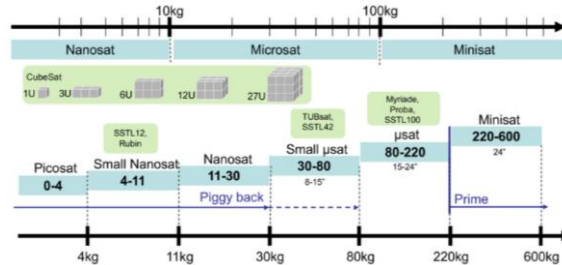


Figura 2 - Evolução da massa dos satélites. (Fonte: DENNIS *et al.*, 2022, traduzido pelo autor)

A redução do peso dos satélites permitiu a utilização de lançadores menores, o que originou um nicho. Como exemplo, tem-se as empresas Rocket Lab's e Vector Space Systems. Dessa forma, a cadeia de suprimento tem passado por quatro tendências: 1) miniaturização e padronização; 2) o surgimento de novos provedores especializados; 3) integração vertical e 4) novas técnicas de manufatura (DENIS *et al.*, 2020). Com isso, verifica-se um aumento considerável no número de lançamento de satélites, por exemplo, em 2012 foram lançados 52 satélites e em 2021, 1743 satélites (IMBUZERO, 2022).

A empresa Virgin Orbit, que começou em 2017, atuava nesse ramo de lançadores menores. Esta empresa realizou seu primeiro lançamento em 17 de janeiro de 2021, uma carga de 10 *Cubesats* lançados de um pequeno foguete denominado LauncherOne. O foguete foi lançado de um avião 747 da empresa. Foi o segundo lançamento de satélite na corrida espacial comercial. (The Washington Post).

A Virgin Orbit assinou um contrato com a FAB em 2021, para realizar os lançamentos a partir do Centro de Lançamento de Alcântara, que, pela localização é capaz de atingir qualquer inclinação orbital, segundo Gustavo Ribeiro em reportagem para o MundoGEO em 23/09/2022. A previsão dos lançamentos estava para o presente ano, mas, infelizmente a empresa decretou falência em 4 de abril do presente ano, interrompendo a parceria.

3.5.1.2 Lançamento espacial por rotação

Uma outra forma de lançamento espacial feita por rotação, denominada *Spin Launch*, foi abordada por Bogdanoff (1992). O autor cita que vários projetos de alta aceleração para lançamento direto ao espaço foram testados, como armas de hipervelocidade, lançadores eletromagnéticos e conceitos de energia irradiada. Um motor ramjet baseado em energia química foi desenvolvido de forma eficaz, na Universidade de Washington, com capacidade de

lançar grandes cargas (da ordem de toneladas) diretamente no espaço desde a superfície terrestre.

Uma *startup* que se utiliza da tecnologia de lançamento por rotação é a Spinlaunch, que desenvolveu o primeiro sistema cinético de lançamento espacial, com capacidade de lançamento de satélites 12 U e satélites de 200kg. O sistema utiliza energia elétrica e fez seu primeiro lançamento suborbital em outubro de 2021. Estima-se uma economia de 70% nos custos com relação ao lançamento convencional por foguetes, em contrapartida sua capacidade de carga é menor.



Figura 3 - Acelerador orbital da Spinlaunch. (Fonte: Spinlaunch).

Os sistemas satelitais propiciam diversos produtos, tais como serviços de “navegação, comunicações, meteorologia e observação da Terra, (...) controle de tráfego aéreo, transportes, gestão dos recursos naturais, agricultura, monitoramento das alterações climáticas e ambientais, entretenimento, dentre outras.” (CARDOSO, 2017, p.4). Todos que são amplamente utilizados atualmente.

3.5.1.3 Tecnologia 5G

A quinta geração de sistemas de comunicação (5G) consiste na integração e convergência das diversas tecnologias com e sem fio. Nessa realidade, as comunicações satelitais (SatCom) abrem o caminho para uma integração mais abrangente. Duas características principais cercam essa tecnologia: uma rápida adoção de streaming de mídias e a necessidade de uma cobertura maior, que se estenda às áreas rurais, países em desenvolvimento, ambientes aéreos e marítimos. (KODHELI *et al.* 2021) Para atender essas demandas o New Space se encaixa perfeitamente.

Segundo Kodheli *et al.* (2021), o uso principal das SatCom, até recentemente, se dava com satélites GEO operando com sistemas terrestres estáticos ou com baixa velocidade, cobrindo uma larga área com baixa taxa de transmissão. Recentemente tem havido um grande desenvolvimento de constelações de satélites na LEO, com alta capacidade de serviços de alta

banda e baixa taxa de atualização. Algumas companhias como SpaceX, Amazon, OneWeb e Telesat anunciaram planos para operarem centenas de satélites na LEO.

Existem cerca de vinte satélites na MEO, com doze antenas direcionáveis manualmente, denominados O3B. A próxima geração desses satélites terão antenas ativas com capacidade de gerar milhares de feixes. Finalmente, a proliferação de novos tipos de constelações LEO tem proporcionado o surgimento de constelações híbridas que combinam diferentes órbitas. (KODHELI *et al.* 2021).

Esse novo rearranjo de enlaces satelitais aliado com os custos mais baixos de lançamento com a manufatura mais barata dos sistemas espaciais está proporcionando novas abordagens e evoluções nas tecnologias de comunicação. Na padronização da tecnologia 5G tem-se utilizado o termo NTN, de *Non Terrestrial Networks*, ou redes não terrestres, que incluem o uso de satélites e Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) para o estabelecimento de redes de comunicação com larga capacidade de transmissão e alcance. (KODHELI *et al.* 2021).

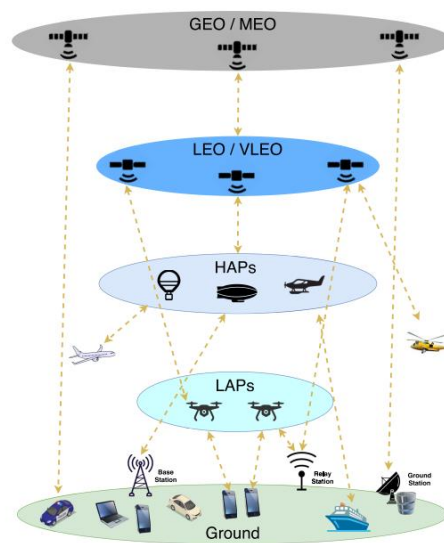


Figura 4 - Arquitetura de comunicações multicamada. (Fonte: Kodheli *et al.*, 2021).

3.5.1.4 Outras tecnologias

Outras tecnologias do *New Space* são: 1) o sistema de propulsão híbrida, HRE (*Hybrid Rocket Engine*) com motores que combinam propelentes líquidos e sólidos; 2) o foguete reutilizável, que propicia uma redução de custos de até 99% do sistema convencional, tornando-o não mais um objeto descartável, mas um meio de transporte; e 3) o lançamento responsivo, para observação da terra. (IMBUZEIRO, 2022).

3.5.2 O valor agregado.

Em termos financeiros, DENIS *et al.* (2020) informa que, segundo o Morgan Stanley Research, espera-se que o segmento espacial cresça até 1 trilhão e 100 bilhões de dólares até 2040, já o Bank of America Merrill Lynch, mais otimista, estima esse crescimento, até 2045, de até 2 trilhões e 700 bilhões de dólares.

Esse novo modelo atrai investidores privados e *venture capital* na indústria espacial. Novos investidores no espaço têm vários perfis: investidores anjo, *venture capitalists*, grupos maiores industriais, jovens bilionários da Internet ou entusiastas do espaço.

No outro lado, o das novas companhias, destaca-se o fenômeno dos novos unicórnios, que consiste nas *startups* cujo valor ultrapassa 1 bilhão de dólares. Poucas do setor de atividades espaciais atingiram esse patamar, como por exemplo SpaceX, Blue Origin, Rocket Lab, Planet e OneWeb (DENIS *et al.* 2020).

Para a extração de hélio-3, segundo o astronauta Schmitt em 2005 num foguete como o Saturno V seria de aproximadamente US\$ 60 mil por quilo, e no caso de uma modernização do foguete Saturno VI, que dobraria a capacidade de carga, diminuiria para US\$ 3 mil por quilo. O projeto Saturno começou na década de 1960 (FLÓRIO, 2016). Verifica-se, nessas estimativas de custos, como o *New Space* pode ser muito lucrativo com a utilização das novas tecnologias de lançamentos de foguetes e com motores mais modernos e econômicos haja vista que 40 gramas desse elemento produzem o equivalente a cinco mil toneladas de carvão (dados The New Citizen, março de 2016, por FLÓRIO 2016).

3.6 Uma melhor compreensão.

Após o conhecimento de algumas tecnologias e como os atores bem-sucedidos geram renda, infere-se que o *New Space* pode ser encarado como um ecossistema que se conecta com um ecossistema global com outras soluções. Dois componentes podem ser relacionados: uma rede de *stakeholders* envolvida em atividades espaciais e uma lista de novas tendências, evolução ou distúrbios que podem impactar o ecossistema (DENIS *et al.* 2020). Sob esta analogia, de ser considerado um ecossistema, o *New Space* se revela como uma realidade muito complexa, incluindo evoluções e interações entre todos os atores envolvidos havendo, inclusive, eventos de cooperação e competição. Os componentes interagem através de ciclos de nutrientes e fluxos de energia.

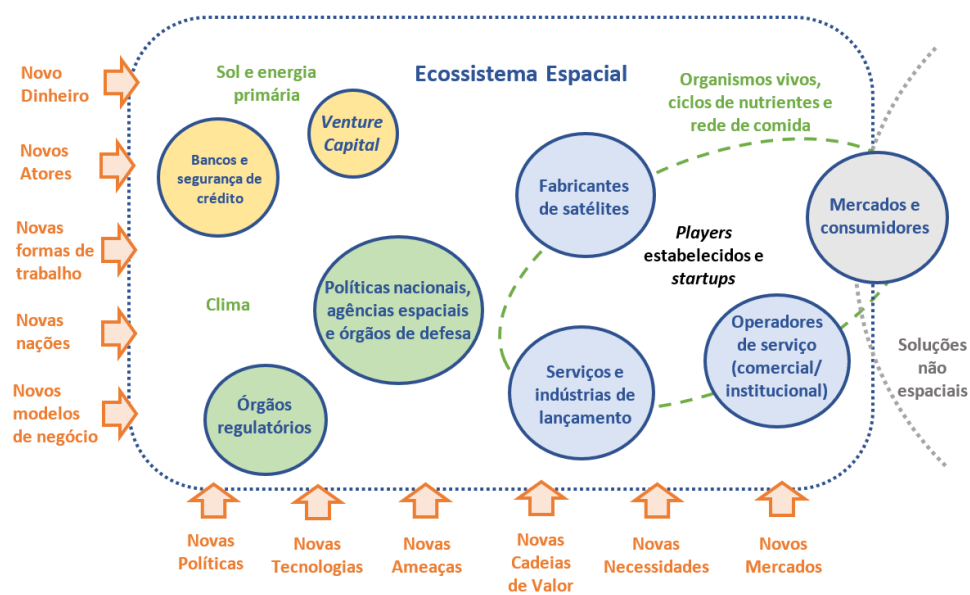


Figura 5 - Ecosistema espacial e as novas tendências que influenciam em sua evolução. Fonte: DENIS *et al.* 2020, traduzido pelo autor.

Nos ecossistemas estão incluídas interações entre organismos e entre organismos e o ambiente. Como entradas, têm-se novos aportes, novos atores, novas formas de trabalho, novas nações, novos modelos de negócios, novas políticas, novas tecnologias, novas ameaças, novas cadeias de valores, novas necessidades e novos mercados. Para o fornecimento de energia, sol e fontes primárias de energia, há os bancos e *venture capital*. Atuando como Clima estão as políticas nacionais, espaço e agências de defesa e entidades regulatórias. Como organismos vivos, ciclos de nutrientes e rede de alimentação estão a manufatura de satélite, indústrias e serviços de lançamento, operadores de serviço e, por fim, os mercados e consumidores, estes dois últimos interagem com as soluções não-espaciais (DENIS *et al.* 2020).

3.7 O Programa Estratégico de Sistemas Espaciais

A exploração espacial possui seu marco regulatório estabelecido pelo Tratado sobre Princípios Reguladores das Atividades dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Cósmico, inclusive a Lua e demais Corpos Celestes, de 27 de janeiro de 1967, que foi negociado e redigido pela Organização das Nações Unidas. O referido tratado foi ratificado pelo governo brasileiro através do Decreto No 64.362, de 17 de abril de 1969. Com isso o Brasil se inseriu na exploração espacial junto aos demais estados signatários e, juntamente, com a Estratégia Nacional de Defesa (END), a Política Nacional de Defesa (PND) e o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) foi estruturado um arcabouço legal nacional.

Segundo BRASIL (2018), em 2012 foi constituída a Comissão de Coordenação e Implantação de Sistemas Espaciais (CCISE) para gerir e manter atualizado o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE). A Comissão tem, ainda, por atribuição dirigir, coordenar os trabalhos de implantação e representar o Comando da Aeronáutica nos assuntos relacionados a esses sistemas.

Em sua diretriz do presente ano, o senhor Comandante da Aeronáutica aponta para a “necessidade de atualização do PESE” para que haja um apropriado acompanhamento da evolução tecnológica espacial (BRASIL, 2023). O programa, cuja responsabilidade do gerenciamento foi atribuída ao Comando da Aeronáutica pela Estratégia Nacional de Defesa, está estabelecido pela MD20-S-01 (BRASIL, 2018) e preconiza premissas operacionais e técnicas para o emprego de sistemas espaciais pelas Forças Armadas.

O Programa está focado nas soluções espaciais para atender, de forma prioritária, as necessidades do MD e das FA assim como nos produtos de uso predominantemente dual (civil/militar). O PESE foi concebido no início do *New Space*, portanto estruturado no *Old Space*, ainda assim, dentro do documento, há uma menção sobre a transferência de tecnologia, participação nacional e a inclusão da indústria nacional, o que mostra uma importância com relação à iniciativa privada nacional. Mas, atualmente, o Brasil não possui capacidade autônoma de lançamento de foguetes.

A necessidade do Estado brasileiro se envolver com o desenvolvimento da capacidade dos sistemas espaciais Christina (2022, p.13) apresenta como um contraponto com relação ao afastamento do Estado nas atividades de exploração espacial (uma característica do *New Space*): “a aquisição de tecnologias e inovação são de fato um ‘gargalo’ para países em desenvolvimento”.

Em outras palavras: nas áreas em que são exigidas tecnologias de ponta, como a espacial, quando se faz uso apenas pela aquisição e não se estimula a produção de produtos acaba-se criando a condição de ser um mero consumidor. Necessário se faz que o desenvolvimento, inovação e empreendedorismo sejam estimulados, apoiados e impulsionados por uma entidade suficientemente forte. Para Christina (2022) o Estado se torna um ator imprescindível e importante para liderar esses processos, principalmente em países em desenvolvimento.

Um exemplo importante desse envolvimento estatal no impulsionamento da atividade espacial é o caso da Índia, que começou em 1968 com a Organização Indiana de Pesquisa Espacial e que foi incorporada no Departamento de Espaço em 1972. A organização indiana já enviou duas missões para a Lua e uma para Marte, está desenvolvendo um motor semi-

criogênico, além de estar planejando enviar missões não tripuladas para Lua, Marte, Vênus e Sol.

Dessa forma, com o conhecimento da metodologia e do referencial teórico aplicados a apresentar e analisar os dados a serem levantados durante a pesquisa.

4 APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

Com base no referencial teórico, foram identificadas as principais características da Teoria da Destruição Criativa de Schumpeter, de como novas tecnologias causam a destruição de antigas, gerando novos mercados e renovando a economia, e desequilibrando o capitalismo. Após, foram verificadas algumas características do Ambiente Espacial, seguindo para o *New Space*, com ênfase em algumas tecnologias. O *New Space* pode ser definido como um ecossistema complexo que envolve novas tecnologias, novos investimentos, novos modelos de negócio, novos mercados, dentre outros. Em seguida, foram abordadas as principais características do PESE, que foi concebido na mesma época em que o *New Space* estava emergindo.

O PESE, à época da sua concepção, estava embasado nos elementos do *Old Space*, haja vista o advento do *New Space* ter acontecido no mesmo período. Mesmo assim, o Programa possui uma Topologia escalonável que permite a inclusão de novos sistemas, mantendo o funcionamento integrado dos sistemas anteriores. (BRASIL, 2018, pg 23.). Como exemplo dessa aceitação de novos elementos, tem-se o lançamento do foguete sul-coreano HANBIT-TLV, no dia 19 de março do presente ano, realizado no Centro Espacial de Alcântara. A parceria para lançamento com empresas privadas não está contemplada explicitamente no Programa, porém foi realizada com sucesso, destacando-se que a empresa que lançou o foguete é privada.

O entendimento do *New Space* como um ecossistema balizará a análise de resultados e será utilizado por base a figura 5 de Denis *et al.* (2020). Conforme as análises a seguir verifica-se que o PESE permeia nessa estrutura, mesmo tendo sido concebido no advento do *New Space*.

4.1 Tecnologias

Com relação às tecnologias do *New Space*, o PESE em seu item 2.3 Critérios Mínimos e Premissas do PESE menciona sobre a necessidade de se realizar o mínimo de um lançamento por ano, para se manter a autonomia e independência crescente. Considerando-se que essa concepção se deu no *Old Space*, mesmo assim, demonstra uma realidade muito aquém do atual

cenário, como citado no item 3.2.1, no ano de 2021 foram realizados 1743 lançamentos. Este objetivo, de lançar apenas um foguete por ano, praticamente inviabiliza a estruturação nacional de “um ambiente industrial favorável e sustentável do ponto de vista de autonomia e independência crescentes” (BRASIL, 2018, p.19).

Ainda na continuação, alínea b), o PESE aborda sobre a utilização de “satélites de menor porte e ciclo de vida compatíveis com suas missões” (BRASIL, 2018, p. 20) com a figura a seguir apontando para o *Cubesat*, mencionado no item 3.5.1.1.

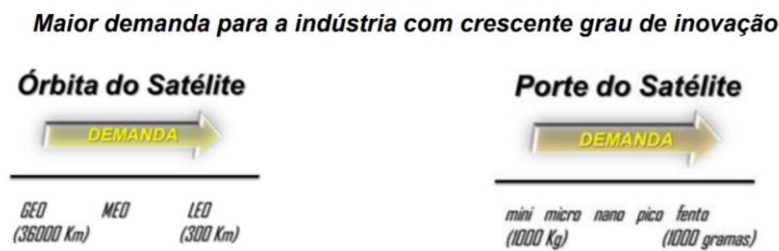


Figura 6 - Escolha preferencial do PESE para atingir uma indústria espacial sustentável economicamente. Fonte: BRASIL, 2018, p.20.

Nas alíneas c) e d), o PESE segue abordando sobre a utilização preferencial de Satélites de Órbita Baixa (BRASIL, 2018, p. 20), na busca de minimizar custos de lançamento e para utilizar a Plataforma Multimissão (PMM) em desenvolvimento pelo INPE. Essas abordagens estão bem alinhadas com o *New Space*. Porém se trata do sistema de lançamento do *Old Space*, mais dispendioso.

Já na alínea e) a premissa do PESE está na necessidade dos produtos desejados pelo Programa (BRASIL, 2018, p. 20), deixando de lado a necessidade da indústria e iniciativa privada. Essa abordagem desconsidera a necessidade destes elementos, deixando-os, de certa forma, desprotegidos pois se o Estado não fornecer uma demanda que possa favorecer o desenvolvimento da iniciativa privada nacional, dificilmente ela se desenvolverá.



Figura 7 - Diagrama de contexto dos Sistemas Espaciais do PESE. Fonte: BRASIL, 2018, p.20.

A característica marcante do *New Space* do Estado ter uma postura mais afastada das atividades espaciais não é possível de ser aplicada no Brasil pois no contexto brasileiro, cuja

capacidade industrial espacial e das empresas não estão num grau de desenvolvimento satisfatório o suficiente para lançar foguetes e desenvolver *cubesats* para as mais diversas necessidades civis. Mesmo que o PESE contenha uma premissa de se estimular o uso dual (civil-militar) de Sistemas Espaciais, a capacidade da iniciativa privada brasileira se tornar autônoma é uma realidade difícil de ser alcançada atualmente, seja por qualquer dos elementos do ecossistema apresentado como: bancos e segurança de crédito, políticas nacionais, agências reguladoras, dentre outros.

Analizando o contexto norte-americano, que possui uma grande capacidade industrial espacial, empresas com um grande grau de desenvolvimento, segurança jurídica, dentre outros fatores que permitem que a iniciativa privada possa progredir com a exploração espacial. Isso permitiu, por exemplo, o afastamento da NASA dos lançamentos de foguetes.

A tecnologia de lançamento por rotação é algo que o PESE poderia buscar desenvolver, com ela, a necessidade de foguetes para lançamento de satélites na LEO será suprida, e, ainda mais, a capacidade de lançar os *cubesats* para outros estados ou iniciativas privadas elevaria o nível de serviços prestados pelo CLA.

A tecnologia 5G se apresenta como algo inovador e importante no cenário da guerra moderna. Se estabelecer uma infraestrutura de comunicação com capacidade de interconectar satélites das órbitas GEO, MEO, LEO com plataformas aéreas amplia o poder do trâmite das informações, auxiliando a capacidade de tomada de decisões em tempo mais oportuno e ágil. Essa tecnologia pode ser um fator decisor no futuro: ter a capacidade de cobertura de grandes áreas com alta capacidade de transmissão e recepção de dados é incontestável na guerra moderna.

Uma outra realidade que não se encontra no PESE, são os aspectos de exploração espacial, seja do hélio-3, mineração de asteroides, ou sequer exploração da Lua. Na pesquisa, observou-se que esses aspectos estão sendo aprofundados pelas agências nacionais para uma exploração futura baseada na busca de soluções de energia e enriquecimento.

No tocante às tecnologias, o processo de destruição criativa de Schumpeter está presente em determinados elementos. Por exemplo o do modelo das *startups* com estruturas ágeis e planas causa uma dimensão disruptiva na entrega dos produtos, relegando ao Estado um papel interno no ecossistema.



Figura 8 - Papel das *startups* em vermelho, papel do Estado em laranja. (Recorte e destaques pelo autor).

4.2 Elemento financeiro

A capacidade do Estado financiar iniciativas para propulsionar o advento do *New Space* foi crucial. Cita-se como exemplo a SpaceX que quase faliu se não fosse o Governo dos Estados Unidos intervir financeiramente (MATOS, 2020). Essa iniciativa do governo norte-americano proporcionou o advento do *New Space*, pois há de se considerar que a estrutura de lançamento de foguetes da NASA estava muito dispendiosa, o impulsionamento da iniciativa privada, neste caso, foi crucial para que o Estado pudesse seguir dando suporte à Estação Internacional Espacial. Com isso, todo o ecossistema espacial norte-americano foi beneficiado.

No contexto brasileiro não se vislumbra essa intervenção do Estado para impulsionar as *startups* brasileiras, de forma a desenvolver uma capacidade autônoma de lançamento de satélites. O PESE poderia apontar alguma solução, ou mesmo mencionar tal necessidade.

Isso, no ponto de vista deste autor, pode ser considerado um ponto de inflexão a partir do qual, o Estado norte-americano conseguiu se afastar das atividades de lançamento de foguetes e satélites, com toda a cadeia de suprimento e demais fatores do *New Space*, pois as condições de um ecossistema sustentável estavam constituídas. Com isso, a NASA pode se dedicar à exploração do espaço profundo, ou *Deep Space*, na exploração espacial com vistas a empreender soluções energéticas, soluções para mineração espacial e entendimento do cosmos como um todo.

Essa dimensão econômica também pode ser relacionada com a destruição criativa de Schumpeter, pois há o surgimento de métodos capitalistas inovadores que causam a disrupção nos antigos. Conforme já abordado, a atuação do Estado no *Old Space* era a principal, senão a

única, pois as agências detinham a tecnologia e, seja para projeção internacional ou por necessidade interna, não a repassava por motivos de proteção ou segurança nacional.

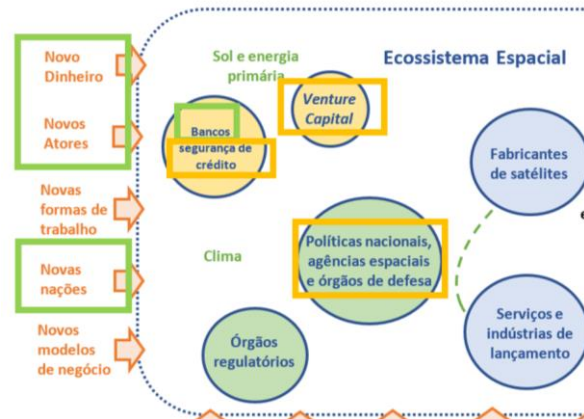


Figura 9 - A importância de políticas nacionais para a garantia de segurança de crédito em laranja o que atrai os investidores sejam bancos, venture capital, novo dinheiro, novos atores, novos estados, em verde. (Recorte e destaques pelo autor).

5 CONCLUSÃO

O objetivo geral da pesquisa de identificar em que medida o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE, BRASIL, 2018) encontra-se alinhado com as tecnologias do *New Space* em uma abordagem qualitativa foi atingido.

O primeiro objetivo específico de identificar as principais características da Teoria da Destruição Criativa de Schumpeter e como o surgimento de novas tecnologias causam processos disruptivos significativos na economia, nos modelos de negócio, cadeias de suprimento e mercado consumidor foi atingido. Foram investigados os principais aspectos da teoria, correlacionando com eventos históricos disruptivos.

O segundo objetivo específico de identificar como o *New Space* provocou a disruptura do *Old Space* à luz da Teoria da Destruição Criativa de Schumpeter foi atingido. Assim como foram levantadas as principais características do advento.

O terceiro objetivo específico de analisar se o PESE está inserido no contexto do *New Space* e, caso positivo, como está sendo a interação do programa com os novos elementos também foi atingido. O PESE não está inserido no *New Space*, mesmo assim possui a capacidade de interagir com os elementos deste.

A hipótese de que o PESE está atualizado com relação às tecnologias do *New Space* foi refutada, haja vista o Programa ter sido concebido na mesma época em que o novo advento ocorreu e os elementos dos *New Space* são muito complexos ao ponto de se constituírem um ecossistema.

Os principais aspectos encontrados na pesquisa é que o advento do *New Space* trouxe consigo diversos elementos de ruptura, como novas tecnologias, novos modelos de negócios, novas cadeias de suprimento que, sob a ótica da Teoria da Destruição Criativa de Schumpeter, tornaram obsoletos as abordagens antigas de exploração do espaço exterior. O afastamento do Estado da exploração espacial e a entrada dos atores da iniciativa privada, capitais de investidores e as *startups* com empreendedorismo e inovação apresentou-se como a característica marcante. Essa característica, no contexto brasileiro se torna inviável, haja vista, não se ter uma capacidade da iniciativa privada brasileira assumir as atividades de lançamento de foguetes, produção de *cubesats* ou de implementar a tecnologia 5G.

Porém há elementos que podem ser incorporados ao Programa e outros que podem apenas ser considerados. A reavaliação do PESE segundo a Teoria da Destruição Criativa e os elementos do *New Space* propiciará resultados com uma melhor consciência da utilização dos sistemas espaciais, sejam os antigos, sejam os atuais. Sob a ótica de Schumpeter, o PESE poderá estar fadado à tornar-se obsoleto frente ao que já está se apresentando no cenário internacional.

Para finalizar o presente trabalho o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (BRASIL, 2018) foi concebido praticamente quando o *New Space* estava surgindo, dessa forma, o programa não se encontra alinhado com as tecnologias mais recentes. Há, contudo, as possibilidades de interação do PESE com os elementos do *New Space*, porém não contempla as vantagens financeiras que já estão sendo obtidas pelos precursores desse advento que, do ponto de vista deste autor, é importante, pois a obtenção de lucro pela iniciativa privada propicia condições de se estabelecer um ecossistema espacial brasileiro. As tecnologias apresentadas de lançamento de foguete, dos *cubesats* e da tecnologia 5G podem ser incorporadas ao PESE para que o Estado brasileiro se estabeleça no *New Space* como um importante participante no cenário internacional.

Como possibilidade de pesquisa, ficam os temas da Adequação das Leis do Brasil para a Exploração Espacial; como o Estado Brasileiro pode melhorar suas garantias econômicas para suportar os elementos do *New Space*; como a iniciativa privada do Brasil pode ser alavancada para se obter a autonomia do acesso ao espaço exterior sem a dependência estrangeira.

REFERÊNCIAS

BOGDANOFF, D. W. **Ram Accelerator Direct Space Launch System: New Concepts.** Journal of Propulsion and Power. Vol 8, No 2, March-April 1992.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 1.224/GC3, de 10 de novembro de 2020. Aprova a reedição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira - Volume 1 (DCA-1-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 205, f. 14971, 12 nov. 2020.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Diretriz do Comandante da Aeronáutica 2023.** Brasília, 2023.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comandante. Portaria nº 184/GC3, de 17 de abril de 2012. Mantém, no âmbito do Comando da Aeronáutica, a Comissão de Coordenação e Implantação de Sistemas Espaciais (CCISE) destinados ao atendimento da Estratégia Nacional de Defesa. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília 2012.

BRASIL. Ministério da Defesa. Gabinete do Ministro. Portaria Normativa n 41/MD, de 30 de julho de 2018. Aprova o **Programa Estratégico de Sistemas Espaciais – MD20-S-01 (1ª Edição/2018)**. Publicado no D.O.U. no 149, de 3 de agosto de 2018, seção 1, pág 18.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa - Estratégia Nacional de Defesa.** 1. ed. Brasília: Ministério da Defesa, 2020.

CAPUANO, V. *et al.* **GNSS PERFORMANCES FOR MEO, GEO AND HEO.** IAC-13-B2.1.3 Page 1 of 15 IAC-13-B2.1.3. International Astronautical Federation. 64th International Astronautical Congress, Beijing, China. 2013.

DAVENPORT, C. , The Washington Post. **Virgin Orbit rocket reaches Earth orbit, adding an entrant to the commercial space race.** Em 17 de janeiro de 2017. Disponível em : <https://www.washingtonpost.com/technology/2021/01/17/richard-branson-virgin-orbit-launch-success/>. Acessado em 06/05/2023.

DENIS, G. *et al.* **From New Space to big space: How commercial space dream is becoming a reality.** Acta Astronautica, Elsevier, v. 166, p. 431–443, 2020.

FLÓRIO, V. **Mineração de hélio-3 na lua.** Ciência e Cultura Vol. 68, Número 4. São Paulo. Out/Dez 2016. On-line version ISSN 2317-6660. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252016000400007 . Acessado em 30/06/2023.

IMBUZEIRO, E. B. **O Programa Espacial Brasileiro sob a óptica do New Space.** TCC. Universidade de Brasília, UnB. Faculdade UnB Gama FGA – Brasília, DF, 13 de maio de 2022.

JOHNSON, J. R., *et al.* **Estimated Solar Wind-Implanted Helium-3 Distribution On The Moon Geophysical Research.** Letters Volume 26, Issue 3Feb 1999 Pages283-437. Disponível em <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/1998GL900305> . Acessado em 30/06/2023.

KODHELLI, O. *et al.*, "Satellite Communications in the New Space Era: A Survey and Future Challenges" in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 23, no. 1, pp. 70-109, Firstquarter 2021, doi: 10.1109/COMST.2020.3028247.

LINDNER, C. Artigo publicado na página da Innovati. **Qual é o exemplo de Destruição Criativa?** Publicado em 15/02/23. Disponível em <https://www.innovati.rocks/qual-e-o-exemplo-de-destruicao-criativa#:~:text=Em%20marketing%2C%20um%20exemplo%20de,do%20capitalismo%20co mo%20sistema%20econ%C3%B4mico>. Acessado em 20/06/2023.

MATOS, P. O. *New Space e poder monetário: os Estados Unidos no setor espacial Pós-Crise Financeira de 2008*. Revista Tempo do Mundo, pg 387 a 408, RTM, n. 29, ago. 2022

NASA, Limites do espaço. 2021 <https://science.nasa.gov/edge-space#:~:text=For%20purposes%20of%20spaceflight%20some,and%20the%20beginning%20of%20space>. Artigo publicado na página da NASA sobre os limites do espaço, em 24/07/2021.

NASA, <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/rampart.html>. Acessado em 29/05/2023.

NISHIDA, E. Artigo publicado no site Gizmodo. **A corrida espacial agora é privada; e as startups brasileiras lutam para o Brasil não ficar para trás**. Publicado em 17/03/2021. Disponível em <https://gizmodo.uol.com.br/startups-espaciais-brasileiras/>. Acessado em 11/06/2023.

NOGAMI, V. K. C. **Destruição criativa, inovação disruptiva e economia compartilhada: uma análise evolucionista e comparativa**. Suma de Negocios Vol. 10 Num. 21 (Enero - Junio) 2019 - Tipo: Artículo de Investigación. Fundação Universitária Konrad Lorenz. Universidade Estadual de Maringá. Brasil, 2019. <http://dx.doi.org/10.14349/sumneg/2019.V10.N21.A2>

SERGIEIEVA, K. **Tipos de satélites: Diferentes órbitas e uso deles**. Artigo publicado na EOS Data Analytics em 04/05/2023. Mountain View, EUA. <https://eos.com/pt/blog/tipos-de-satelites/>. Acessado em 09/07/2023.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico (1934)**. Tradução de Maria Sílvia Possas. Coleção Os Economistas. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

YUEH, L. **What Would the Great Economists Do? How Twelve Brilliant Mind**. Editora MacMillan Publishers. Picador, New York. 05 de junho de 2018.

Revista Exame. **Fim do programa de ônibus espaciais leva riscos à Nasa**. Disponível em: <https://exame.com/ciencia/fim-do-programa-de-onibus-espaciais-leva-riscos-a-nasa/>. Acessado em 05/05/2023.

<https://www.spinlaunch.com/>. Acessado em 25/05/2023.

Artigo publicado no site MundoGEO. **Como a Virgin Orbit vai usar Alcântara para impulsionar lançamentos com o sistema LauncherOne**. 23/09/2022. <https://mundogeo.com/2022/09/23/como-a-virgin-orbit-vai-usar-alcantara-para-impulsionar-lancamentos-com-o-sistema-launcherone/>. Acessado em 30/05/2023.

GLOSSÁRIO

Investidor Anjo: investidor que auxilia as *startups*, viabilizando apoio financeiro e recursos como conhecimento de mercado, experiência na área, cursos e mentoria.

Startup : negócio que apresenta produtos inovadores e tem alto potencial de crescimento.

Unicórnio: Empresas que alcançam valor de mercado maior que US\$ 1 bilhão em menos de dez anos após sua fundação.

Venture capital: dinheiro que é usado para iniciar um novo negócio.