



Juliana da Rocha Reis

**AO ESPAÇO SIDERAL E ALÉM:
Abordagens para Interpretar a Trajetória dos Satélites LEO**

Monografia apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Bacharel em Relações
Internacionais pelo Instituto de Relações de
Internacionais da PUC-Rio.

Orientador: Professor Sérgio Veloso

Rio de Janeiro, Junho
2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente aos meus pais, Valeria e Luíz, por todo apoio e carinho incondicionais com minhas decisões durante minha trajetória, e toda minha família por sempre se fazer presente. Obrigada à minha avó, Rosária Fátima, por todos os sorrisos enquanto eu comentava do meu trabalho com empolgação ou irritação. Estendo minhas gratidões eternas aos meus tios Cristiane e Flávio, por sempre quererem ter certeza que eu estava feliz com minhas escolhas. E agradeço também ao meu primo Teo, por ser um exemplo de superação e reinvenção pessoal, e um exemplo de coragem em suas próprias decisões.

Agradeço à família que eu escolhi na vida, a CSTM: Bruno, meu parceiro para tudo, Júlia Maria, Fernanda, Guaxi, Luiz, Caio e Felipe, amo vocês. Gratidão às minhas meninas da PUC, Julia H., Giovanna e Giulia, o que RI uniu o RJ não separa. Obrigada também aos meus amigos queridos Yuri, Pedro, Ananda e João, por estarem comigo desde os tempos da escola, e à querida Yasmin, que está há tanto tempo, que nem lembramos quando começou nossa amizade. Não poderia esquecer aqueles que me acompanharam todos os dias para a faculdade longe de casa, então obrigada ao Fernando, Felipe A., Julia L., Esther, Mathaus e Amanda.

Agradeço muitíssimo ao meu orientador Sérgio Veloso, por toda atenção com meu projeto e ajuda em momentos de insegurança. Estendo igualmente meus agradecimentos ao Coordenador do curso Ricardo da Silva, Professora Luciana Badin, Professor Paulo Chamon, e Professora Ana Conde por terem ministrado matérias que me fizeram descobrir o que eu gostaria de fazer. Da mesma forma, obrigada a todo o corpo docente brilhante do IRI PUC-Rio, assim como a instituição como um todo. Também gostaria de estender minha gratidão a Meimei Escola Montessoriana, por ser parte integral de quem sou hoje, assim como à Diretora Sônia Maria, às Coordenadoras Ana e Cláudia, e em especial à Professora Adriana Grasel, uma figura que contribuiu tanto para meu fascínio com as palavras.

Agradeço a mim mesma pela força de vontade, animação e amor próprio na elaboração deste e outros trabalhos, e também por sempre seguir meus instintos e sonhos. E por fim, agradeço ao Cosmos por ser tão fascinante e ter me possibilitado essa conjuntura de apoio que eu sou tão grata.

RESUMO

Os satélites *Low-Earth Orbit* e suas funcionalidades atuais são o legado de um conjunto de avanços acerca da utilização do Espaço Sideral desde há década de 60. Quatro abordagens podem ser desenvolvidas para pensar esse avanço, onde cada uma delas corresponde a uma área específica. A exploração espacial pode ser pensada por uma abordagem teórica, envolvendo os influxos e preocupações no *mainstream* da época, assim como uma abordagem técnica ou legislativa, colocando em foco tanto a mecânica e tecnologia empregadas na construção dos satélites, quanto às necessidades regulatórias para seu funcionamento. Da mesma forma, não pode deixar de ser considerado uma abordagem prática, somando lógicas políticas e geoeconomicas como fatores decisivos. Por fim, entende-se de uma ótica integrativa, que todas as abordagens tem o seu espaço individual, mas inevitavelmente são todas necessárias em um conjunto.

PALAVRAS-CHAVE:

LEO; Internet; Escopo; Desenvolvimento; Realismo; Liberalismo; Doutrinas Militares Espaciais;

ABSTRACT

The Low-Earth Orbit (LEO) satellites and their current applicabilities are the legacy of a set of advances regarding the use of Outer Space since the 60s. Four approaches can be developed to think about this advance, where each one of them correspond to a specific area. Space exploration can be seen from a theoretical approach, involving the influences and concerns in the mainstream, as well as a technical or legislative approach, focusing both on the mechanics and technology employed in the manufacturing of satellites, as well as the regulatory needs of their operation. Likewise, a practical approach can't be forgotten , adding political and geoeconomic logics as decisive factors. Finally, it is understood from an integrative optic, that all approaches have their space, and inevitably they are all necessary in a whole.

KEYWORDS:

LEO; Internet; Scope; Development; Realism; Liberalism; Space Military Doctrines;

SUMÁRIO

Introdução.....	1
1. ABORDAGEM TEÓRICA.....	3
1.1 O espaço do Espaço Sideral nas Ris.....	3
1.2 relação entre a vertente Realista e as preocupações com Segurança Espacial.....	6
1.3 O papel do Liberalismo em retóricas de Cooperação Espacial.....	11
1.4 Doutrinas Espaciais e a divisão de divisões do Espaço Sideral.....	15
2. ABORDAGEM TÉCNICA.....	20
2.1 Satélites Geoestacionais de comunicação e a Internet.....	20
2.2 Satélites Medium-Earth Orbit e demais satélites.....	22
2.3 Satélites Low-Earth Orbit.....	23
2.4 Arquitetura da Internet Híbrida: Terrestre e LEO.....	25
2.5 LEOs 5G em áreas afastadas e grandes centros: Facilidades e Apagamentos.....	28
3. ABORDAGEM REGULATÓRIA.....	33
3.1 Marcos Regulatórios Internacionais no início dos satélites LEO.....	33
3.2 Marcos Regulatórios de satélites LEO atuais (2019-2023).....	35
3.3 Marcos Regulatórios dos Satélites 5G brasileiros.....	36
4. ABORDAGEM PRÁTICA.....	40
4.1 Padrões do Desenvolvimento-Subdesenvolvimento.....	40
4.2 O Caso dos LEO e seus papel nas Commodities brasileiras.....	45
CONCLUSÃO.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

*"There is stardust in your veins. We are literally,
ultimately children of the stars."*

Jocelyn Bell Burnell

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem o objetivo de expor a trajetória dos satélites LEO (*Low-Earth Orbit*), o objeto central da pesquisa, inserida na exploração e utilização do Espaço Sideral perante acontecimentos centrais do passado até a ascensão e popularização dos satélites. Para isso, são estabelecidas quatro abordagens, que se propõem a contribuir em suas respectivas aplicabilidades para o panorama geral e nomeiam os capítulos do trabalho. Ao final, as quatro abordagens culminam na criação de uma ótica integrativa, que as mescla. Pela exploração espacial necessitar de um conjunto de disciplinas científicas e políticas para funcionar, as quatro abordagens estabelecidas se provarão importantes tanto para dividir as áreas para que se entenda suas funções, quanto demonstrar que mesmo segmentadas, constituem um todo, e que inevitavelmente dependem umas das outras.

A primeira abordagem estabelecida é a abordagem teórica, que buscará através do realismo e liberalismo, teorias clássicas de RI, demonstrar como os primeiros tratados e demais mecanismos internacionais acerca do Espaço Sideral cronologicamente podem ser associados aos princípios básicos destas duas teorias. Além disso, também serão analisadas quatro doutrinas militares espaciais do mesmo período da década de 60 à 80. Desta forma poderá ser visto com mais clareza como certos influxos teóricos da época, que envolvem questões de segurança e cooperação, conseguiram estar tão presentes no imaginário coletivo, sendo peças centrais tanto dos mecanismos internacionais, quanto das teorias expostas.

A segunda abordagem, e também segundo capítulo, é nomeada de técnica, e contempla toda uma parte mais tecnológica e de funcionamento dos satélites, em especial os satélites LEO de internet, que com sua implantação abriram muitas funcionalidades, e também novos desafios. Comparando com demais modalidades de satélites existentes há mais tempo, essa abordagem tenta demonstrar como diferenças físicas, de escopo, órbita e demais características particulares os tornam um diferencial. A internet e sua utilização nos dias atuais têm papel central em críticas e benefícios deste tipo de satélite.

A terceira abordagem, a regulatória, busca delimitar marcos regulatórios importantes e centrais dos satélites. Mostrando que embora sua própria confecção mecanicamente falando seja primordial, já que sem a existência dos equipamentos uma regulação nunca seria necessária, um aparato regulatório mundial e uniforme é igual e intrinsecamente importante, em especial no que tange frequências. Seguindo para quarta abordagem, e quarto capítulo, a abordagem prática coloca em foco os países em desenvolvimento e desenvolvidos que estão se engajando neste novo setor, trazendo o foco para o Brasil e as funcionalidades dos LEO em problemas já existentes há muito tempo na agricultura brasileira, setor central para a economia.

Para concluir o trabalho, uma “Ótica Integrativa” é proposta, onde as quatro abordagens anteriores serão colocadas em perspectiva. Mesmo com seus papéis individuais, a trajetória da exploração espacial culminando na presença dos LEO atualmente, é um conjunto de acontecimentos que igualmente foi, e continua sendo, central na discussão acerca da utilização do Espaço Sideral e seus mais diversos desdobramentos na Terra.

1

ABORDAGEM TEÓRICA

1.1.

O espaço do Espaço Sideral nas RIs

"Look to the stars and from them, learn."

Albert Einstein

O estudo e exploração do Espaço Sideral ocupa várias parcelas distintas das disciplinas humanas, como por exemplo, a ciência e tecnologia para pesquisas e mecanismos materiais; direito por meio de regulações; Organizações Internacionais que mediam cooperações e controvérsias; e até mesmo as artes e lazer, seja obras literárias e cinematográficas que disseminam um *Soft Power* do país de suas produções, ou funcionalidades da internet que otimizam o cotidiano. Essas três categorias, ciência e tecnologia, legislação e geopolítica serão pontos centrais na análise deste trabalho, que busca entender uma parcela da complexa relação dos seres humanos com o Espaço Sideral, olhando mais especificamente para satélites em geral e de baixa órbita (LEO) de internet.

Este foco em satélites em geral se justifica pela enorme funcionalidade em nosso cotidiano em ações práticas, como funcionamento de celulares, rádio e TV. Um foco mais específico ainda em LEOs de internet se justifica pela pluralidade de empresas e projetos governamentais engajados na causa, a participação popular na contratação dos serviços dos satélites e sua utilização prática e direta no dia a dia humano. Mesmo que existam diversas pesquisas importantes acerca do Espaço e corpos celestes, em nível de maior impacto na vida cotidiana da sociedade, os satélites trazem mudanças mais imediatas, tanto com sua existência, quanto falta, se comparados com exploração espacial no geral.

A dinâmica, então, entrelaça profundamente a ciência e tecnologia, pela necessidade de instrumentos e objetos cada vez mais modernos com capacidade suficiente para chegar e se manter no Espaço; a legislação, por oficializar diretrizes e uniformizar padrões que constantemente também necessitam de atualizações pela rapidez que a tecnologia avança; e o engajamento Estatal, civil,

e demais atores tanto na criação de expectativas futuristas que movem o mercado, quanto como consumidores de serviços.

Entretanto, existe ainda um quarto ponto que é central na conexão destas três categorias, a política. Por mais que atualmente o grande combustível da disseminação de LEOs de internet seja a monetária, muitas retóricas e visões acerca do “espaço do Espaço” tiveram que existir antes para que essa função dos satélites pudesse ser explorada. Então, nota-se que a utilização do Espaço Sideral se estende muito além de uma percepção de pura tecnologia ou “a ciência pela ciência”. Embora certamente sem engajamentos em ciência e tecnologia de ponta não se teria chegado tão longe, a política é uma grande impulsionadora deste movimento, assegurando poder e influência, não só em competências tecnológicas, mas também espaciais, criando uma interdisciplinaridade total.

Duas vertentes teóricas podem ser destacadas como as principais de Relações Internacionais durante o nascimento da corrida espacial entre a década de 60 e 70, sendo elas o Realismo e o Liberalismo (onde com o passar do tempo também englobam o Neorrealismo e Neoliberalismo). Segmentando mais ainda, palavras chave associadas ao vasto início da exploração do Espaço e sua entrada na disputa política são principalmente segurança e armamento, pela literatura realista e cooperação e instituições, pelo lado do liberalismo. Porém, essa é somente mais uma das óticas aplicáveis ao tema, já que o mesmo é interdisciplinar e permeia diversas áreas do saber. “*The politics of space is multidimensional and encourages a review of the literature that ramifies into the fields of history, international space law, international space cooperation, and the militarization and weaponization of space.*” (ROTTER, 2020, p. 24).

Mesmo que essas teorias sejam de cerca de 60/70 anos atrás, na temporalidade da existência e primeiros avanços legais dos satélites, elas ajudam muito a contextualizar preocupações que se traduzem nas ações tomadas perante os satélites neste primeiro momento. Por mais que teorias mais atuais de economia política sejam mais contemporâneas nas discussões de internet e desenvolvimento e subdesenvolvimento por países, as teorias tradicionais de RI ainda são muito claras ao analisar os primeiros estágios dos satélites, pois sem esses engajamentos iniciais, os LEOs não estariam na posição mais flexibilizada atual. “Relegar uma determinada teoria porque ela floresceu séculos atrás significa apresentar não um argumento racional, mas um preconceito modernista que

considera natural a superioridade do presente sobre o passado.” (MORGENTHAU, p. 46, 2003).

Quando ocorreu o primeiro lançamento de satélites na década de 60, o cenário que se encontrava o mundo era bipolar: plena Guerra Fria com Estados Unidos e URSS como potências. A geopolítica da época dividia o mundo entre as parcelas apoiadoras de cada lado, e a corrida espacial, embora inegavelmente possibilitada por avanços científicos, tinha como motivação uma demonstração de poder, caminhando de forma conjunta com a corrida armamentista. Para ambas as dinâmicas, uma tecnologia de ponta e estudo do Espaço poderiam ser decisivos, tanto para se chegar à Lua, quanto para criar armas de destruição em massa. Dessa forma, visões mais alinhadas ao Realismo enxergavam não só o Espaço como mais um local para disputa do poder do Estado a nível bélico, como também mais uma categoria para desenvolvimento armamentista.

Por outro lado, óticas mais alinhadas ao liberalismo, e mais adiante, neoliberalismo, reforçavam o papel das instituições internacionais e cooperação entre países, tentando trazer estratégias e práticas que superassem os motivos de engajamentos em guerras. Inicialmente o cenário Espacial era mais um espaço dos Estados, que embora pudesse ter serviços prestados por empresas, grandes projetos espaciais eram de agências estatais, assim como toda a responsabilidade de exploração, porém, com o passar do tempo, e com a influência do mercado, novos atores foram sendo considerados. Surge então uma maior aceitação de tomadores de decisão, desvinculados ao protagonismo único do Estado. Os fóruns internacionais da época eram, por exemplo, voltados aos países, que dominavam a cena, o que comparados com a situação atual, com setor privado e organizações altamente relevantes, caracteriza uma profunda mudança.

Embora o cenário na atualidade dos LEOs, em plenos 2023, não seja tão securitizado, a preocupação com segurança se desenvolveu em preocupações acerca da privacidade e vigilância, assim como a cooperação, inicialmente voltada aos Estados, agora, mais que nunca, busca regular o setor privado e conciliar interesses privados e públicos, já que, por exemplo, questões de espaço aéreo ou acidentes ocorridos em órbita não são mais somente entre Estado-Estado e sim diversos atores privados, instituições, Estados e sociedade civil. Entender essas dinâmicas em nível de retórica inicial do Espaço Sideral e que local ele ocupava nas relações internacionais diz muito sobre posicionamentos tomados hoje com os

LEOs de internet, que serão explorados mais profundamente na próxima sessão do capítulo, em um paralelo do passado e presente.

É importante frisar que o realismo e o liberalismo (posteriormente neorrealismo e neoliberalismo) foram escolhidos por questões cronológicas e de protagonismo perante as teorias clássicas de RI. Considerando as regulações iniciais de 60, que foram ratificadas pelas décadas de 70 e 80 pelos países, pareceria injusto observá-las à luz de teorias mais contemporâneas. De maneira comparativa, fundamentos centrais das duas vertentes dialogam com os primeiros desenvolvimentos de tratados e declarações, entretanto, o movimento de associá-los se faz pela concordância que existe perante a separação de atores e principalmente, visões de ações e responsabilidade do Estado. Da mesma forma que a análise do passado será feita aplicando teorias condizentes cronologicamente com os tratados e decisões, o mesmo será feito com o cenário mais atual, e com foco na discussão do desenvolvimento e subdesenvolvimento mais adiante.

1.2.

Relação entre a vertente Realista e as preocupações com Segurança Espacial

A exploração espacial inicialmente era estado-centrada, e por todo o panorama da Guerra Fria, lógicas de colaboração científica não eram bem vistas, principalmente pelo humor de competitividade que pairava no sistema internacional. O medo crescente e desconfiança de espionagem e a forte competição eram pontos que desencorajam fortemente qualquer troca de informações em um mundo dividido. Sobre hipóteses teóricas de uma guerra nuclear, o autor realista Morgenthau comenta: “(...) das conseqüências da guerra nuclear, pode-se chegar logicamente à conclusão de que a política externa dos Estados Unidos não precisa limitar-se a evitar a guerra nuclear, mas que o país também deve preparar-se para sobreviver a ela” (p.78, 2003). Então com este trecho, pode-se levantar pontos essenciais para pensar o cenário internacional Espacial: Incerteza, políticas externas preocupadas com resolver o problema não só o evitando, mas também se preocupando com identificar atores perigosos e formas de garantir a segurança do Estado.

Embora na época o Direito Internacional já abrangesse os mares e direitos ao espaço aéreo, preocupações acerca da regulação do espaço eram latentes, pois as mesmas não existiam em um número considerável para criar segurança. Enquanto em águas internacionais e qualquer limite além do território nacional fosse considerado neutro, isso também abria precedentes para que o Espaço Sideral fosse utilizado para qualquer fim por um Estado, sem a interferência dos demais, pautando-se na anarquia e soberania.

Em uma lógica realista, é possível identificar as preocupações acerca da manutenção da soberania dos Estados e assegurar a anarquia internacional, onde garantir uma exploração pacífica do Espaço era crucial, principalmente para que se tivesse certeza que outra guerra de proporções, literalmente espaciais, acontecesse. Com os espaços terrestres para exploração sendo finitos e já relativamente divididos (embora em algumas partes do mundo algumas fronteiras sejam fluidas e de difícil demarcação), o Espaço Sideral representava um novo campo para crescimento e pesquisa. Uma área onde sem humanos ou vida como a conhecemos talvez pudesse flexibilizar todo o tipo de protocolo, como o sanitário, por exemplo.

Desse cenário centralizado no Estado, com suas ameaças e ganhos, diversas preocupações emergem, germinadas pela falta de confiança e crença do eterno desejo de acumulação de poder estatal. Por isso, para tentar contornar os influxos da época de desconfiança, em 1967 é ratificado o Tratado do Espaço Exterior, precedido pela Declaração dos Princípios Jurídicos Reguladores das Atividades dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Cósmico do ano de 1962. Ambas as datas, porém, são extremamente auspiciosas para a exploração espacial, e demonstram a rapidez da ratificação, traduzida pela urgência vista pelos Estados.

Organizando cronologicamente, após diversas tentativas, somente no ano de 1962 um ser humano consegue ser lançado com êxito ao espaço e orbita o planeta, provocando, junto com outros acontecimentos, a necessidade de uma Declaração, pois a possibilidade de uma rápida militarização e armamentos no Espaço cada dia passava menos a ser considerada algum tipo de obra de ficção científica e cada vez mais uma realidade. Esta Declaração, adotada na Assembleia Geral da ONU, se inicia com “*Inspired by the great prospects opening up before*

mankind as a result of man's entry into outer space” (1962), reconhecendo a “nova” arena para projeções de poder.

É evidenciado, que todos os Estados, independente de seus desenvolvimentos econômicos ou científicos teriam direito à exploração espacial. “*Peaceful Purposes*”, traduzido livremente como “Propósitos Pacíficos”, e demais sinônimos que garantissem a paz são recorrentes no documento, frisando inclusive que o Espaço Sideral, assim como todos os corpos celestes, seriam de exploração e uso geral da humanidade, e nenhum Estado poderia tomá-los como território nacional, muito menos monopolizar seus recursos cósmicos ou propositalmente lesar ou dificultar o acesso a eles para outros países.

If a State has reason to believe that an outer space activity or experiment planned by it or its nationals would cause potentially harmful interference with activities of other States in the peaceful exploration and use of outer space, it shall undertake appropriate international consultations before proceeding with any such activity or experiment. A State which has reason to believe that an outer space activity or experiment planned by another State would cause potentially harmful interference with activities in the peaceful exploration and use of outer space may request consultation concerning the activity or experiment. (ONU, 1962, ART. 6).

Assim, a Declaração buscava impedir o uso de armamentos no Espaço, principalmente os nucleares. Como na Terra, testes de armamentos próximos de outros Estados já era considerado perigoso em questões de invasão de territorialidade e ameaças, a sua ocorrência do espaço poderia causar a entrada de mísseis e demais mecanismos na atmosfera terrestre e uma possível queda de tanto destroços de qualquer tamanho, quanto material nuclear e substâncias tóxicas ou radioativas. A preocupação crescente com tal prática também se tornou notável no Tratado de Não-Proliferação Nuclear, de 1968. No seu preâmbulo, traz uma referência aos Tratados anteriores e reforça a determinação expressa que absolutamente proíbe os testes de armas nucleares no Espaço, e baseando-se no Direito Internacional vigente na época, os equiparava com os igualmente proibidos testes sobre a água.

Cinco anos depois, uma segunda data que se mostra importante para essa ótica é o ano de 1967, data do primeiro satélite lançado com êxito, fruto dos esforços da URSS. Neste mesmo ano também há o nascimento do Tratado do Espaço Exterior. Sendo uma evolução da Declaração de 1962, o mesmo é considerado como as bases da primeira estrutura de Direito Espacial, estabelecendo especificidades deste local como separado das leis e lógicas que

regem outros ambientes não pertencentes a Estados, como águas e espaço aéreo internacionais. Então, diferente da Declaração, que tinha um intuito mais geral, no Tratado há maiores preocupações acerca do uso do Espaço Sideral, com colocações mais complexas que as determinações de 1962.

O Tratado, assinado por 91 países, reafirma que o uso do Espaço Sideral deve sempre caminhar lado a lado com os melhores interesses da humanidade e ser acessível a todos os Estados, sem distinção. Ademais há a adição do termo “ocupação” de corpo celestes, garantindo que a anexação como território de qualquer Estado segue proibido. A Lua dois anos depois, em 1969, recebeu seus primeiros seres humanos, o que de fato tirou do imaginário coletivo a possibilidade de se alcançar o satélite natural. Embora houvesse uma diferença muito grande entre chegar à Lua, e ocupá-la, a própria realização do fato de se chegar até ela demonstrava que regulações eram necessárias, principalmente ao visar missões futuras.

Como complementação à Declaração de 1962 e ao Tratado de Não-Proliferação Nuclear, nos artigos que tange armas nucleares, há a descriminação no texto de não existirem armas de destruição em massa em tanto na órbita da Terra, quanto em qualquer corpo celeste ou instalada em veículos, estações ou qualquer ponto móvel ou imóvel do Espaço Sideral, com o objetivo de garantir a sobrevivência do Estado.

O Pacto Social Hobbesiano é muito associado à visão realista da realidade, mais pessimista no sentido de esperar o pior dos demais Estados, pois sua prioridade máxima era os seus próprios interesses. No estado de natureza de Hobbes, os seres humanos vivem igualmente em uma realidade onde a desconfiança assola, e os seres humanos fariam qualquer coisa para assegurar sua sobrevivência e garantir que suas vontades se tornassem realidade. Esse ambiente era de caos e morte, então com o Pacto Social, os homens ao entrar no estado civil político passam a contar com a espada do Estado e sua mão forte. O Leviatã, essa figura severa, ordena os homens e cria um ambiente regido pela lei e força, onde uma vez que exista, é legítimo. Muitas dessas lógicas igualmente podem ser usadas para entender o comportamento dos Estados nesta época de profunda desconfiança, onde a palavra "sobrevivência" descreve bem as maiores preocupações com a exploração espacial.

A famosa expressão “Estado caixa-preta”, associada ao realismo, remete a esse individualismo estatal e falta de conexão com os demais, ocorrendo somente o estritamente necessário. Alianças, como em organizações internacionais, concedem ferramentas e mecanismos para a defesa do interesse nacional, e no caso da exploração espacial, garantir um ambiente anárquico com um conjunto de leis e normas no Espaço, é garantir que países que atentem contra a segurança sejam punidos. Além disso, no caso do Tratado do Espaço Exterior, os Estados que mais possuíam interesse em sua rápida ratificação eram Estados Unidos, URSS e a Inglaterra, o que na época, contava com países que estavam profundamente imersos na corrida espacial, com projetos de alta tecnologia e que tinham a necessidade de garantir que caso outro alcançasse esse fim antes, as regulações o impediriam de utilizar essa vitória para monopolizar e ameaçar a Terra.

Fora isso, embora outros atores fossem comentados nos artigos do texto, os Estados permaneciam como atores principais, quase únicos do ponto de vista de direitos e deveres, pois os mesmos eram os que detinham os mecanismos de barganha para com outros Estados. “*States shall be responsible for national space activities whether carried out by governmental or non-governmental entities*” (ONU, 1967). Desta forma, o Estado também mantinha o controle e fiscalização de projetos da área, já que a responsabilidade e o ator que responderia perante alguma consequência para outra nação ou o sistema internacional como um todo seria o próprio Estado da determinada instituição ou empresa.

Esses pontos podem ser muito associados ao realismo, principalmente por colocar o Estado nesse local de protagonismo único, frisando sua eterna busca por sobrevivência e poder no sistema internacional. Por mais que os tratados, declarações e demais regulações fossem uma interação, pelos trechos citados anteriormente nota-se um humor desconfiado, onde os Estados não estão se juntando e concordando pela evolução da ciência e “Propósitos Pacíficos”, mas sim em um engajamento que garanta a segurança dos Estados. O foco em proibição de armas nucleares demonstra essa preocupação latente, e o fato de Estados Unidos e URSS estarem na frente dessas idealizações também se conecta com ambos os países terem sido os que alcançaram o Espaço Sideral.

No sentido de responsabilização, os Estados deveriam evitar qualquer tipo de contaminação e dano em corpos celestes, pois isso acarretaria em perturbação

do ambiente anárquico, em que todos teriam direito de exploração. Além disso, quaisquer países que tivessem seus materiais ou equipamentos espaciais, como pedaços de satélites ou de foguetes, lesando outros equipamentos em órbita de demais países deveriam ser responsabilizados, mesmo que fossem de alguma empresa privada, não estatal. Neste sentido, a queda de qualquer material em território nacional também acarretaria responsabilidades, se identificados.

Em suma, as preocupações dos primeiros tratados e regulações acerca do Espaço Sideral envolviam obrigatoriamente, conceitos que garantissem a existência e autoridade do Estado como ator único e soberano tanto em poder de escolha quanto responsabilizações da atividade privada. A anarquia no sistema internacional sendo transbordada para o Espaço asseguraria que Estados não tentariam clamar como territórios nacionais demais espaços celestes, seja para pesquisa, uso militar ou demais ocupações. Essas preocupações de territorialidade, segurança e armamento, dos anos iniciais da regulação espacial marcam a correlação dos influxos teóricos realistas da época.

1.3.

O papel do Liberalismo em retóricas de Cooperação Espacial

O conceito de Interdependência Complexa de Keohane e Nye (1977), é um interessante contraponto ao protagonismo único do Estado em abordagens realistas, pois com o passar dos anos, embora a preocupação e interesse de militarizar o Espaço não tenham simplesmente desaparecido, outros atores e fins podem ser identificados possuindo certo poder, desta vez não pautados em força bélica, mas sim poder em termos de influência pelas diversas esferas de interação existentes. *“During the 1960s, many otherwise keen observers who accepted realist approaches were slow to perceive the development of new issues that did not center on military-security concerns”* (KEOHANE; NYE, 1977, p.5).

O mesmo movimento que ocorre nos debates de RI, sobre diversificação de atores no liberalismo e críticas à mentalidade “Estado caixa preta” também podem ser aplicadas na discussão Espacial. Considerando dois pontos, o primeiro como o próprio conceito de anarquia, e o segundo a própria distância do Espaço, regulações e instituições passaram a ser cada vez mais importantes para assegurar o bom funcionamento da sociedade na Terra e exploração do Espaço Sideral. Não só Estados e empresas estatais, tinham o interesse de partilhar desta nova

fronteira, então era necessário à adição de empresas privadas e grupos da sociedade civil como atores de direitos e deveres, embora não detivessem tantos quanto os países.

Para tal, fortalecer a cooperação entre os Estados com o multilateralismo em Organizações Internacionais através de tratados e acordos era uma forma de dividir o espaço para discussões e diminuir os custos de transação entre países. Um desses exemplos de retórica Liberal é a resolução 55/122 adotada pela Assembleia Geral da ONU em 1982, intitulada: *“Declaration on International Cooperation in the Exploration and Use of Outer Space for the Benefit and in the Interest of All States”*. Logo no título é possível identificar elementos chave da retórica desta vertente, como foco na cooperação e seu adendo ao título: *“Taking into Particular Account the Needs of Developing Countries”*.

Como demonstrado anteriormente com o Tratado do Espaço Exterior e a Declaração dos Princípios Jurídicos, o enfoque de segurança, soberania e armas nucleares se diferencia das lógicas de cooperação para uso igualitário, com respeito inclusive aos países em desenvolvimento que não teriam acesso imediato como países desenvolvidos, o que marca o início de uma preocupação econômica acerca do Espaço Sideral. Ademais as ideias das democracias liberais, com as retóricas econômicas, liberalização e multilateralismo, 7 anos depois, mais ao final da mesma década, culminaram também no Consenso de Washington (1989), que abordava igualmente em importância o tópico de países em desenvolvimento, sobretudo América Latina.

Convinced of the necessity and the significance of further strengthening international cooperation in order to reach a broad and efficient collaboration in this field for the mutual benefit and in the interest of all parties involved. (...) Desirous of facilitating the application of the principle that the exploration and use of outer space, including the Moon and other celestial bodies, shall be carried out for the benefit and in the interest of all countries, irrespective of their degree of economic or scientific development, and shall be the province of all mankind. (ONU, 1982 p.1).

Durante o momento inicial do texto da declaração é evocado os compromissos assumidos nos tratados e demais mecanismos anteriores, inclusive é reforçado a liberdade de qualquer Estado de determinar seu próprio grau de participação na exploração espacial, atrelada à cooperação. Porém, como o profundo multilateralismo era apoiado perante as diferenças dos países, inegavelmente diferenças econômicas e de tecnologia viriam à tona, mesmo que

essas características não fossem limitadoras para a exploração em si. Garantias quanto à propriedade intelectual tomam certo protagonismo, assim como outros aspectos legais que podem envolver patentes de tecnologias ou outros instrumentos que se totalmente divididos, poderiam trazer perdas para certos países. Nesse sentido, mesmo reforçando a igualdade dos países e acesso dos em desenvolvimento, não foram deixadas de fora medidas protetivas dos países desenvolvidos.

Programas espaciais também são levados em conta, já que na década de 80 realmente poucos eram os Estados com tecnologia, capital e capacidade de explorar o Espaço. Então, com isso sendo levado em consideração, o comportamento de trocas entre as estações era encorajado pela declaração, desde transferência de tecnologia com respeito à propriedade intelectual, até capacitação de indivíduos estrangeiros. Ademais, três categorias de cooperação com países em desenvolvimento são pontuadas:

- (A) a promoção de uma “ciência espacial” e “tecnologia espacial”;
- (B) “apadrinhamento” e fomento do desenvolvimento de “capacidades espaciais” em Estados interessados;
- (C) facilitar a troca de conhecimento e tecnologia espacial entre países perante bases previamente aceitas.

A pluralidade de atores é um aspecto a ser destacado, já que como visto anteriormente, nos mecanismos internacionais associados ao realismo, o Estado era único, e mesmo que se cogitasse a existência de ONGs e outros atores toda a responsabilização perante lesões causadas e fiscalização deveria estar no âmbito do Estado natal desses outros participantes. De fato, não eram vistos como atores em si. Sobre o cenário onde os tomadores de decisão e a pluralidades de atores existe, a cooperação internacional deveria considerar, segundo a Declaração (ONU, 1982): “(...) *effective and appropriate by the countries concerned, including, inter alia, governmental and non-governmental; commercial and non-commercial; global, multilateral, regional or bilateral; and international cooperation among countries in all levels of development*”.

Embora o termo “Globalização” não seja citado nos documentos, uma analogia a sua popularização no artigo “*Globalization of Markets*”(1983) de Theodore Levitt (mesmo que já fosse usado por economistas alguns anos antes) pode ser utilizada para visualizar os influxos de preocupações da época. Em um

mundo globalizado, os fluxos de comércio e capital se tornam mais rápidos e há certa aproximação, de diversas naturezas. Considerando a Interdependência Complexa, abordada na obra *“Power and Interdependence”* (1977) de Keohane e Nye, o mundo experimentava uma conexão que na ótica liberal justificaria a cooperação, pois decisões tomadas por um Estado impactaram, de alguma forma, mesmo que mundo leve, os demais países.

A adição de preocupações econômicas e de desenvolvimento parecem se encaixar demais com essas preocupações acerca do mercado, e já não mais alocadas em armas e militarização (embora ainda existissem). Buscando uma cooperação, em um mundo onde os Estados já dependiam um dos outros nem que seja no comércio, guerras e conflitos eram uma situação que perturbava esse status quo, e definitivamente a criação de mais uma arena, o Espaço, poderia trazer de volta as complicações vividas décadas recentes com o fim da Segunda Guerra mundial na década de 40 e o curso da Guerra Fria. *“Contemporary world politics is not a seamless web; it is a tapestry of diverse relationships.”* (KEOHANE; NYE, 1977, p.4).

Nos últimos tópicos da Declaração, é reforçada a importância do "Comitê de uso Pacífico do Espaço Exterior", indicando sua necessidade de reafirmação do seu papel como fórum de trocas de informações entre os atores. Além disso, o próprio papel da ONU e seu programa espacial são citados como grande fonte de alimento da cooperação internacional, em um ambiente multilateral que por *default* diminui os custos de transação dos Estados e cria um ambiente mais facilitado para resolução de problemas de forma pacífica, principalmente os que envolvam inseguranças acerca da utilização do Espaço Sideral. *“Interdependence affects politics and the behavior of states; but governmental actions also influence patterns of interdependence. By creating or accepting procedures, rules, or institutions (...), governments regulate and control transnational and interstate relations.”* (KEOHANE; NYE, 1977, p.6). Aqui, também se evidencia outro ponto importante, pois reconhecer outros atores e suas agregações, não significa que o Estado estava abrindo mão do poder, já que continuava sendo o ator central, mesmo que não fosse mais o absoluto e único.

Contando a introdução da resolução, associada ao liberalismo, e seus oito pontos centrais, a palavra cooperação é citada 19 vezes (incluindo títulos) e “armas” ou “armas nucleares” não são citadas nenhuma vez. Por outro lado, as

mesmas palavras foram buscadas no texto do Tratado do Espaço Exterior (versão com resolução 2222 e anexo), associado ao realismo, e só é citado cooperação (mais especificamente “co-operação”) 7 vezes, enquanto “armas” são citadas 8 vezes, e “armas nucleares” 2 vezes. A palavra “soberania” não é citada na resolução, porém, no tratado, é citada uma vez, como elemento central. Essas comparações, embora não-absolutas, são muito interessantes para corroborar as óticas de liberalismo e realismo aplicadas aos tratados e declarações (com suas determinadas resoluções e anexos), baseando-se em ideais mais marcantes em suas próprias particularidades teóricas.

1.4.

Doutrinas Espaciais e a Divisão de visões acerca do Espaço Sideral

Para além de duas teorias clássicas de RI, mas ainda em ressonância com as bases das suas retóricas e baseando-se na obra “*On Space Warfare*”, do General e autor Lupton, (1998), será explorado como última alegoria teórica as 4 doutrinas militares espaciais, com o objetivo de ilustrar pontos em comum com realismo e liberalismo. A existência de doutrinas militares traduzidas como quatro escolas de pensamento buscam entender noções de “*Space Power*” e “*Space Force*”, noções inicialmente essenciais para se pensar o novo espaço configurado pelo Espaço Sideral.

Para os Estados, a primeira noção citada, traduzida livremente para “Poder Espacial” poderia ser configurada como qualquer outro elemento natural que garanta mais um meio de poder. Tomando como exemplo um elemento mais familiar, como o mar, sua utilização como um meio configura poder marítimo via embarcações, então, aplicando a mesma lógica no Espaço Sideral como um meio de propagação de poder, a analogia se torna visível, mesmo que distante. Desta forma, “*spacepower is the ability of a nation to exploit the space environment in pursuit of national goals and purposes and includes the entire astronautical capabilities of the nation*” (LUPTON, ANO, p.4).

O termo “*space forces*”, por outro lado, configura o componente militar que atua neste meio. Em nível de transporte e armamento, há uma diferença central entre categorias aéreas /aquáticas e espaciais, já que todos os objetos lançados devem ultrapassar camadas da atmosfera que outros veículos com tecnologias já dominadas pelos seres humanos não são o suficiente. Além disso,

devem estar equipadas para orbitar o planeta, no caso dos LEOs, e serem resistentes ao vácuo do Espaço Sideral por longos períodos de tempo sem a intervenção ou manutenção humana. Considerando 4 crenças, entre elas a racionalidade perante armas nucleares, o rápido desenvolvimento tecnológico para armamentos, a contínua flutuação entre o poder defensivo e ofensivo, e que as nações continuarão de alguma maneira, a exercer seus fins políticos por meio da violência, as doutrinas são traçadas, com mais ou menos de cada crença. Por questões de tradução, as 4 doutrinas, baseadas na mistura das 4 crenças serão citadas com seus nomes sempre no original.

A primeira delas é chamada de “*sanctuary thesis*”, onde sua característica central é identificar as forças espaciais como capazes de transcender os limites físicos dos Estados, mas ainda assim poder ser um mecanismo que observa internamente. Uma boa analogia desta dinâmica são os satélites, já que os de mapeamento e geolocalização, por exemplo, tem a sua funcionalidade normalmente dentro ou fora de Estados. Com essa ótica, de expansão da visão somente dentro ou fora dos Estados, é possível vislumbrar o raciocínio de “propósitos pacíficos do Espaço”, um conceito extremamente mobilizado nos tratados analisados anteriormente, onde o uso igualitário do Espaço é marcante.

Proponents of sanctuary doctrine argue that past arms limitations treaties could not have been consummated without space systems that serve as the international technical means of treaty verification. (...) Thus, space systems have had a tremendous stabilizing influence on relations between the two superpowers. (LUPTON, 1998, p. 20).

Por sua forte importância garantindo a anarquia, a “*sanctuary thesis*” se mostra mais alinhada a uma garantia de zona neutra, livres de armas e militarização do Espaço principalmente de armas nucleares ou missões secretas. É conferido mais sentido ao seu nome com essa explicação, já que o Espaço Sideral deveria ser visto como literalmente um “santuário”, mais propício à cooperação do que se tornar mais uma arena de disputas entre os países. Portanto, essa doutrina reconhece a racionalidade perante a escolha de não uso das armas nucleares já que a mesma representaria uma destruição mútua, e se preocupa não com a questão de armas em si para segurança, e sim mais um alinhamento com promoção da utilização pacífica pautada nos acordos firmados pelos países.

A próxima doutrina a ser analisada será a terceira, pois a segunda, por motivos de coesão com os paralelos a serem traçados com o liberalismo e

realismo, funcionará melhor se deixada por último. Sendo nomeada “*high-ground doctrine*”, que como sugere seu próprio nome, evoca noções de “*high*” e “*low ground*” advindas de tipos de terreno tático militar que confere vantagens ao primeiro terreno e desvantagens no mais baixo. Seja um posicionamento melhor sobre uma montanha para atacar um vale abaixo, ou do Espaço, para a Terra, o “*high-low ground*” destaca os ganhos a nível não só bélico, como também estratégico que os países adquiririam com a maior utilização do Espaço.

O diferencial que o Espaço representa, porém, é de uma dupla natureza. Os seguidores desta doutrina, não abordam somente armas nucleares ou tecnologias ofensivas, pois entendem a eterna flutuação entre o poder ofensivo-defensivo. “*In their view, space-based defensive forces can reverse the current stalemate caused by the preeminence of the offense and create either an offensive-defensive balance or a preferred defensive stalemate.*” (LUPTON, 1998, p.21).

A quarta doutrina, a “*control school*”, possui um ponto análogo à terceira escola de pensamento, pois não confere um alto valor às forças espaciais somente por estarem no Espaço, e sim por valores táticos de controle dos métodos armamentistas. O exemplo dado pelo autor para explicar essa doutrina remonta o tempo das grandes navegações, onde os países que controlavam as embarcações, controlavam os mares, e inevitavelmente, o mundo. Com o passar das décadas, muito desse controle passou a ser dividido, passando para o ar, com mísseis, jatos e, atualmente, drones. Fazendo uma progressão, a lógica das forças espaciais poderia inclusive superar, e no mínimo integrar tão organicamente essas duas formas de controle do território, que representaria um ganho extremamente benéfico, seja via satélites ou outros instrumentos.

Others argue that there are space lanes of communications like sea lanes of communications that must be controlled if a war is to be won in the terrestrial theaters. Control school advocates argue that the capability to deter war is enhanced by the ability to control space and that, in future wars, space control will be coequal with air and sea control (LUPTON, 1998, p.22).

As três doutrinas apresentadas, também representam associações com o liberalismo e realismo. A primeira delas, com seu foco na criação de um santuário no Espaço, dialoga muito com o liberalismo, e inclusive, a característica de reforçar a importância dos tratados internacionais e uma base comum entre os países, entra em equilíbrio com as cláusulas e artigos da subseção anterior que mais pregam a cooperação internacional. A terceira e quarta doutrinas, embora tenham suas

diferenças, têm em seu cerne preocupações com a segurança, e garantia da anarquia para proteção da soberania dos países, o que remete ao Tratado do Espaço Exterior, lido com uma ótica realista.

A segunda doutrina militar apresentada por Lupton, e escolhida para ser visitada por último é a “*survivability doctrine*”, focada em questionar as estratégias táticas possíveis com as forças espaciais, sobretudo sua distância, durabilidade e (pelo menos na época) difícil rápida organização para garantir sua proteção, uma vez que estão impossibilitadas de apoio terrestre imediato por sua distância e caro alcance. A questão do alcance despender muito dinheiro deriva das rápidas tecnologias do setor, que por precisarem cruzar a atmosfera e em sua maioria serem muito grandes, eram muito caras, pois significavam inovação de ponta. Além disso, sua simples manutenção ou reparo também desencadearia um alto valor monetário, não só em tecnologia, mas também pelo meio de ser alcançada.

Embora os simpáticos a essa doutrina não neguem o alto potencial de destruição dos armamentos espaciais, sua preocupação se volta mais para os acontecimentos quando esse armamento não for utilizado, e inevitavelmente se deteriorar. Fazendo uma comparação direta com equipamentos da marinha, exército ou aeronáutica, a nível financeiro e de capacitação de engenheiros ou qualquer outro cargo voltado à manutenção, as forças espaciais já possuem certa desvantagem. “*They believe, however, that space forces must not be depended on for these functions in wartime because they will not survive.*” (LUPTON, 1998, p. 21).

Entretanto, é importante ressaltar a posição desta doutrina como exposta por último. Por todas as 4 serem essencialmente militares, as bases de funcionamento são diferentes de teorias políticas e econômicas. Porém, esta é a única doutrina que não vê com bons olhos, pelo menos naquele momento, engajamentos espaciais. A lógica aplicada era, porém, parecida com a da bomba nuclear. Enquanto dois ou mais de um países a obtivessem, estariam seguros, pois a retaliação máxima seria uma total destruição mútua.

Em nível de comparação teórica, foi interessante observar que uma das doutrinas não adentra a narrativa de conferir às forças espaciais certo peso e protagonismo, mas, mesmo indo no caminho oposto às demais, ser contra o movimento vigente, discordando da ótica espacial, ainda é um posicionamento. Se

diferenciando das demais, é possível ver preocupações mais latentes com gestão de recursos para reforço do cenário atual, onde esse grande investimento era mais visto como uma espécie de “criação de vulnerabilidade” pela distância e manutenção espacial, sem contar falhas de lançamentos. O acaso, invocando lógicas Clausewitzianas, também é marcante para medir as opções de decisão.

Como já comentado no início do capítulo, as duas teorias tradicionais de RI foram escolhidas por motivos cronológicos paralelos com os mecanismos da ONU. As doutrinas militares também ajudaram a somar, representando um elemento que pairava como uma sombra nas retóricas iniciais do Espaço, as armas nucleares e armamentos. Desta forma, foram transversalizadas as teorias de RI com mecanismos iniciais e doutrinas militares, formando a integração do Estado, OIs, militares e escolas de pensamento, os quatro agentes principais do cenário inicial da exploração espacial. Porém, essas problemáticas nunca teriam sido uma pauta, se o ser humano não houvesse de fato, alcançado o Espaço e o explorado. Por isso, para compor o todo da trajetória dos LEO, é necessário integrar à discussão mais uma abordagem. No próximo capítulo será analisado mais especificamente como os satélites funcionam, tanto por terem sido o primeiro grande feito a alcançar o Espaço durante a Guerra Fria, como serem importantes objetos na vida cotidiana na Terra.

2

ABORDAGEM TÉCNICA

2.1.

Satélites Geoestacionários de Comunicação e a Internet

"We are made of star stuff."

Carl Sagan

Com a passagem do tempo, a exploração do Espaço e seus objetos foram se transformando e novas preocupações e funcionalidades surgiram, que transcenderam a segurança e o militarismo e a cooperação entre países. Dentre as dinâmicas citadas anteriormente, os satélites de internet LEO com certeza reforçam relações comerciais e um conjunto de regras internacionais para uniformizar seu funcionamento, porém, estão inseridos no segmento de comunicações, e embora possam evocar discussões de segurança, mais associadas à rede e recebendo o nome de cibersegurança, seu foco é oferecer serviços e criar receitas para suas empresas, levando internet sem fio para a Terra.

Após ter uma abordagem teórica das RIs tendo em foco o Espaço Sideral e satélites, é importante ter certa contextualização técnica, pois existem vários tipos de satélite, e especialmente os LEO possuem características bem diferentes dos já existentes há muitos anos, e para demonstrar seu avanço para internet, é importante diferenciá-los, de maneira não exaustiva, dos demais tipos. Muitas vezes, por esses aparelhos estarem extremamente distantes e fora do campo de visão da superfície, certo desconhecimento de seu funcionamento impera. Por isso, neste trabalho, justifica-se uma abordagem técnica para explicações estruturais e de ocupação de espaços, seja na Terra, no Espaço ou na rede.

Existe uma pluralidade de funções cujo os satélites podem atender, e mais especificamente os responsáveis por integrar a internet estão inseridos na categoria de “comunicações” conjuntamente com operadoras de telefone e sinais de TV. Estes, em especial, serão o foco deste trabalho, mas é importante ressaltar que existem diversas finalidades para satélites como os meteorológicos, responsáveis por analisar as condições climáticas; de pesquisa espacial, que

podem ser de imagens, telescópios ou catalogação de navegação, como GPS; entre outras, que embora também utilizem da internet na maior parte dos casos, não são distribuidores de sinal.

Por estarem distantes da Terra em um nível que sua própria percepção é escondida pelos limites da visão humana, uma certa síntese técnica dos tipos de satélite de comunicação e sua funcionalidade pode se mostrar favorável para seu entendimento. Mesmo que os satélites de comunicação sejam parte integral de diversas atividades do cotidiano, sua "invisibilidade" acaba criando um mistério acerca de seu funcionamento. Para entender os marcos regulatórios e a geopolítica em que estão imersos, é importante contemplar algumas explicações técnicas sobre esses milhares de satélites em órbita.

A maior parte desses satélites, que já estão ativos há vários anos, são chamados de “geoestacionários” (ou somente GEO), e em síntese funcionam de modo que acompanham a própria rotação da Terra, criando uma sensação aos observadores de estarem parados em um ponto do céu, como se estivessem “estacionados”. Os GEO pesam cerca de mil quilos, e ficam em média a uma distância de 36 mil quilômetros da superfície terrestre, orbitando em cima da linha do Equador. Essas características possibilitam, entre outras práticas, certa otimização ao apontar antenas e demais objetos de captação de sinal para os satélites. Da mesma forma que um observador o perceberia como um ponto fixo no céu, qualquer aparelho apontado para o satélite precisaria de pouca ou nenhuma correção para acompanhar sua rota, já que a mesma acompanha o planeta Terra.

Os GEO de comunicação operam com a distribuição de dados, voz e vídeo, como por exemplo rádio, televisão, chamadas e internet. O que diferencia essa distribuição de dados, porém, envolve a relação entre receptores e emissores. Ondas de rádio e Tv, por exemplo, viajam dos emissores, para satélites, e então para os receptores finais, ou seja, a trajetória de maneira simplificada (unidirecional), possui somente um caminho, pois os dados vão dos emissores até os receptores, mas não há caminho reverso.

Com a internet, por outro lado, existe a troca contínua de informação, então os usuários são ambos receptores e emissores. Por possuírem essa dupla dinâmica, o tráfego de dados recebe o nome de bidirecional, por conferir aos

usuários envolvidos, duas funções distintas ocorrendo ao mesmo tempo. Dessa forma, há a diferenciação dos GEO de comunicação de internet, que devem realizar essa troca de informação e GEOs de comunicação de TV ou rádio, que não realizam o duplo caminho.

“The GEO satellite 5G mobile communication system has been developed relatively early, and the technology is relatively mature. It has the advantages of small number of satellites, wide coverage, and relatively simple system”. (HUANG; YANG; ZHOU, p. 13, 2021). Por serem satélites grandes, os satélites GEO de internet possuem maior escopo para cobertura terrestre e representam a evolução do 5G em uma infraestrutura de satélites existentes há décadas. Porém, as mesmas características que conferem esses benefícios, também trazem desvantagens, como *delay* de informações para áreas afastadas (ou com falta de complementaridade de infraestrutura terrestre de internet, como os cabos ultramarinos) e possíveis perdas de transmissão causadas pela sua grande distância dos receptores localizados na Terra.

Nos últimos seis anos, pesquisas e implementações de uma nova geração de satélites surgiram para ser uma alternativa/complementação para essas questões. Um ponto central é visualizar essa nova geração de satélites 5G (LEO) não como uma dinâmica rival à infraestrutura já existente de internet, principalmente pela questão dos cabos ultramarinos instalados há décadas e em pleno funcionamento, e sim, entendê-la como uma estrutura que seria complementar à já existente, tentando suprir respostas para falhas ou ineficiências do presente modelo.

2.2.

Satélites Medium-Earth Orbit e Demais Satélites

Se diferenciando dos GEOs por ter uma órbita um pouco mais livre, os MEO encontram-se no intervalo médio de 2 mil e 25 mil quilômetros da Terra, pesando cerca de 800 quilos. Os MEO são principalmente utilizados em navegação de GPS e fornecimento de localizações mais precisas que os GEO, por terem uma órbita mais livre. Enquanto os GEO possuem órbita elíptica (oval), sempre acompanhando o sentido da linha do Equador, os MEO apresentam constelações de satélites sequenciais para suprir possíveis *delays* pela distância dos receptores, e órbitas mais livres.

O sistema *European Galileo* de navegação e *tracking* de encomendas e cargas é um exemplo de uma rede de MEOs que integram o GPS com outras funcionalidades da internet, podendo em tempo real controlar informações sobre o frete e destino. Outras categorias de satélites existem, como o de órbita Polar (seguindo o sentido do Meridiano de Greenwich polo à polo), *Sun Synchronized Orbit (SSO)* (mesmo sentido da órbita polar porém seu observador sempre é o Sol), *Geostationary Transfer Orbit (GTO)* e demais, porém, não representam expressiva capacidade de integração com a já existente infraestrutura terrestre de internet, por isso não seriam uma alternativa.

Ainda que estejam mais perto que os GEO, ao comparar seus intervalos de órbita, não teriam resposta consistente o suficiente para suprir a necessidade de áreas isoladas ou simplesmente mais distantes dos grandes centros. Dessa forma, os LEO (*Low-Earth Orbit*) se mostraram os mais adequados pela rapidez de resposta, cobertura de áreas distantes e poder ter mais integração e ao mesmo tempo independência das já existentes estruturas terrestres, e dependendo da situação, uma órbita menor, por características como tamanho e distância da Terra.

2.3. Satélites Low-Earth Orbit

Os satélites *Low-Earth Orbit*, ou simplesmente LEO, diferenciam-se dos GEO em duas características principais: a estrutural, sua própria forma, e a funcionalidade, sua aplicabilidade. No que tange às questões físicas dos satélites, os LEO pesam cerca de 500 quilos, metade do peso dos GEO, e sua órbita é de 500 a 2 mil quilômetros da superfície, menos de 10% da altitude alcançada pelos satélites GEO. Inclusive comparando-os aos MEO, seu maior intervalo, ou seja, os LEO mais distantes, se equiparariam com os MEO mais perto da Terra a 2 mil quilômetros da superfície.

Por sua distância e dimensões serem muito menores, e em sua maioria organizados em um grupo sequencial de satélites, chamados de “constelações”, áreas mais afastadas, que geralmente não possuem sinal ou infraestrutura para ter cabos de internet, podem ser alcançadas pelo sinal. Embora possa ser experienciado certa inconstância de sinal pela independência da rede já existente, a promessa de levar internet 5G para áreas isoladas, até mesmo no meio do mar ou

florestas, por exemplo, é algo a complementar a rede de internet, pois nos lugares onde ela existe, serviços sem fio e móveis (como internet em carros e celulares) podem ser potencializados, e em lugares onde não existe pode representar melhorias sem obras estruturais necessárias para levar os cabos.

A Internet das Coisas (IoT) é um tema que alavancou e alimentou projetos de satélites LEO de 5G. Mesmo que os GEO de comunicação estejam consolidados há anos, a sua distância e tamanho os torna menos efetivos para as rápidas, e na verdade até mesmo instantâneas necessidades da IoT global. Considerando a atual rede de internet por cabos e a complementaridade dos LEO para alcançar de fato uma cobertura global, dispositivos associados à IoT precisariam de uma cobertura igualmente total, como por exemplo a tecnologia empregada em veículos ou qualquer outro dispositivo móvel, que não necessariamente só ficará nos grandes centros, onde o sinal é forte.

Ao pensar em qualquer veículo equipado com IoT, que por sua finalidade de transporte pode precisar cruzar várias áreas, seria impossível contar com a IoT onde a mesma não tivesse sinal. Por mais que esse exemplo não represente a realidade da maior parte da população, por serem em sua maioria bens de consumo muito caros, sua lógica se aplica a aparelhos de celular e demais periféricos que perdem o sinal de internet simplesmente por estarem distantes da cidade, como uma serra ou estradas do interior.

“Mobile phones—the fastest growing technology in the world that now reaches around 80% of humanity—can enable universal Internet access if it can resolve coverage problems that have historically plagued previous cellular architectures (2G, 3G, and 4G).” (ONIRETI; QDIR; IMRAN; SATHIASEELAN, 2016).

Embora a questão envolvendo carros e demais veículos em específico ainda possa parecer distante da realidade do dia-a-dia, existem outros dispositivos mais presentes, como os próprios ônibus equipados com câmeras e interligados em centrais de operação pela internet, que demonstram barreiras mais cotidianas, como a falta de sinal em diversas áreas, inclusive grandes cidades, o que impossibilita o uso da rede em cidades menores ou mais afastadas também. A Cidade do Rio de Janeiro possui um Centro de Operações, que só é possível com a internet, mas se afastando um pouco dos centros, em cidades grandes do interior, esse apoio na rede não existe. A utilização de satélites LEOs, nessas

problemáticas de escopo e cobertura, se mostra benéfica na complementação e integração com a já existente infraestrutura de cabos terrestres e submarinos.

The satellite network is a powerful supplement to the terrestrial network and an important part of the 5G global communication system. Compared with earth-orbit satellites and medium-orbit satellites, low-orbit satellites have the advantages of lower latency, lower transmission loss and seamless global coverage. Therefore, combining the low-orbit satellite network with the terrestrial network can effectively expand and supplement the deficiencies of the terrestrial communication network, and solve the problem of global coverage. (HUANG; YANG; ZHOU, p. 13, 2021).

Enquanto a existência dos GEO criou a nomenclatura “unidirecional” e “bidirecional” para diferenciar os usos dos sinais, os LEO podem ser divididos em duas categorias de roteamento. Para tal, é considerado a sua estrutura física, onde será estabelecido se o seu roteamento fornecido se enquadrará em estático ou dinâmico (*static or dynamic*), e dependendo da localização de seus dados, poderá ser centralizado ou distribuído (*centralized or distributed*). Ambas as nomenclaturas são para simplificar sistemas que cuidam da variação de sinal e o algoritmo de roteamento, problemas que podem ser apresentados na ausência de infraestrutura terrestre, principalmente em lugares afastados que só contariam com os LEO. As especificidades de *static-dynamic* e *centralized-distributed* englobam tamanho da constelação, estilo de órbita e escopo, onde detalhes mais profundos não são tão necessários para entendimento geral.

2.4.

Arquitetura da Internet Híbrida: Terrestre e LEO

Atualmente a arquitetura da Internet funciona sem a utilização dos satélites LEO em larga escala, então os protagonistas são os cabos submarinos que cruzam o oceano até estações terrestres, instaladas no litoral. Os cabos são feitos de fibra óptica, sendo instalados por embarcações que os depositam no relevo marítimo mais adequado para as rotas, e os mesmos podem durar cerca de 25 anos. Em termos de conexão, os cabos submarinos possuem uma alta conectividade, interligando todos os continentes, menos a Antártida (por falta de demanda de conexões) ou seja, alimentam quase todo o globo e tem uma manutenção sem grandes adversidades, o tornando extremamente viável.

No que tange comunicação via internet em residências e outros estabelecimentos, a rede de *wifi* é plenamente utilizada, e para comunicação com periféricos como fones, caixas de som, mouses e teclados, a tecnologia sem fio do

Bluetooth é uma resposta rápida e cotidiana. Porém, no quesito distância de conexão, ambos possuem um limite relativamente pequeno. Para comportar a larga escala da IoT, a funcionalidade de poder ter vários dispositivos ligados à rede ao mesmo tempo precisa de independência de fios em contato direto e uma grande quantidade de tráfego de dados, que poderia ser alcançado se associado aos LEO.

Para um roteamento dinâmico híbrido com a arquitetura atual e os LEO, que suporte múltiplas conexões, certos protocolos devem ser seguidos, onde três indicadores primordiais podem ser observados para garantir a qualidade do sinal. A localização é um indicador principal, e pelos satélites serem móveis, acompanhando em sua maioria a rotação da Terra, pequenas alterações precisam ser feitas para garantir a qualidade do sinal, então a constelação de satélites necessita de apoio de nodos (*nodes*) instalados na Terra que servem como referenciais, também chamado de *terminal node*. Todos esses rápidos avanços realizados com os LEO foram possíveis por anos de estudo e uma grande herança de décadas de evolução com os GEO e MEO.

A própria existência e necessidade dos nodos para localização dos LEO demonstra sua função de complementaridade das redes terrestres, e não uma rivalização de espaço, pelo menos não a médio prazo com a tecnologia atual. Certa territorialidade não é apagada com os satélites, pois mesmo no Espaço Sideral, existe não só a possibilidade de estruturas na Terra, mas também a necessidade de *nodos* para melhor funcionamento. Utilizar satélites próximos como referência é outro modo de localização, porém, como suas localizações podem oscilar, e não estão o tempo todo a uma distância precisa e constante, erros podem acabar ocorrendo.

De acordo com a Starlink (2022), o segundo indicador envolve o recente conceito de “*Neighbor Area Connectivity (NAC)*” que em uma tradução livre e direta seria “Conectividade da Área Vizinha”. A NAC considera a pluralidade dos nodos, e pela integração existente entre eles, seria possível que o nodo principal (*Terminal Node*), conseguisse suprir qualquer dispersão, esparsidade ou erro no *network* dos nodos, tornando o sinal recebido dos satélites LEO mais transmissível. “*Therefore, NAC can improve the success rate of packet transmission in dynamic network scenarios.*” (HUANG; YANG; ZHOU, p. 33, 2021).

O último indicador está fundamentado na análise dos fatores de transmissão do sinal, onde um padrão é calculado entre os nodos. O “*Enhanced Expected Transmission Count*” (Contagem de Transmissão Esperada) é responsável por medir sistematicamente o *Link Quality* (LQ) nos pares de nodos vizinhos, onde altos valores caracterizam uma melhor conexão. Para identificar erros ou áreas com conexões abaixo do esperado, essa prática considerando os nodos é efetiva na testagem em larga escala, já que há a existência de diversos nodos que podem fornecer isso automaticamente.

Em nível cotidiano, a internet 5G híbrida, contando com a infraestrutura terrestre e os satélites LEO, é uma solução para as já citadas áreas distantes, podendo ser tanto afastadas de grandes centros quanto fora da terra firme, porém, existem outras situações onde a internet terrestre pode acabar sendo impossibilitada de funcionar. Por ter as suas limitações, em catástrofes naturais, como furacões, maremotos e terremotos, entre outros, a rede terrestre acaba sendo lesada profundamente.

“The terrestrial infrastructure will never be able to cover certain areas, such as oceans (...) where there is no chance of or economic advantage in building a terrestrial network such as the one in big cities. Resilience in case of temporary infrastructure unavailability is another key point.” (MARCHESE; MOHEDDINE; PATRONE, p.3, 2019).

Por mais que os nodos agrupados no solo igualmente possam ser danificados, eles não são o que possibilita a internet em si, somente são um referencial para a localização, ou seja, mesmo que parem de funcionar, a internet ainda chegaria aos usuários (com servidores), e levando em consideração a NAC, com ligação entre os nodos, a impossibilidade de usar alguns poderia somente deslocar para os mais próximos o papel de referencial. Em condições adversas, mesmo que o sinal seja fraco ou instável, pode fazer uma grande diferença ao identificar focos de vítimas, transmitir informação da situação e contatar familiares.

Em acidentes de aviões, barcos ou outros transportes, seja em florestas, desertos ou no meio do mar, onde o sinal dificilmente chegaria, a tecnologia dos LEO integrada à já existente se provaria uma extensão primordial para identificação dos casos. Além de desastres naturais e acidentes, há também conflitos provocados pelo homem, tendo como um exemplo recente, a Guerra da

Ucrânia. Inicialmente uma das primeiras estratégias foi o cerco e desligamento dos servidores de internet do país, o que causou dificuldade de transmissão de informações sobre a situação para fora do país, e dificuldade na comunicação interna.

Embora não tenha sido tão estável quanto à internet terrestre, a constelação de LEOs da SpaceX conseguiu entrar com seus servidores no país e possibilitar pelo menos um mínimo de acesso para os civis e o Estado. Com este exemplo recente, não somente é evidenciado a aplicabilidade dos LEO em um cenário sem a internet terrestre, mas também demonstrou a importância de certo aparato terrestre, como por exemplo os diversos servidores que cruzaram as fronteiras do país e tiveram que ser instalados em áreas urbanas. Dessa forma é possível expandir a funcionalidade das já existentes infraestruturas não somente para lazer e otimizações comerciais e burocráticas com a IoT, mas como também expandir redes de apoio e demais serviços que se tornaram mais adequados com a internet, assim com a ascensão da AIoT, a Inteligência Artificial das Coisas.

2.5.

LEOs 5G em Áreas Afastadas e Grandes Centros: Facilidades e Apagamentos

A criação de Cidades Inteligentes com a integração de um sistema híbrido de internet é um tópico extremamente presente na discussão do 5G. Não só áreas afastadas terão acesso à internet via satélite, na ausência da infraestrutura terrestre, como também grandes centros terão seu poder de conexão exponencialmente ampliado, por contarem com a conectividade e integração de ambas as estruturas. Nesse sentido, o que já existe será melhorado, e espaços onde a presença da internet é nula, poderão contar com alguma conexão.

No Brasil, a empresa SpaceX foi autorizada em 2022 a prestar seus serviços, e para aqueles interessados na rede por satélites com velocidade de download de 150 à 500 Mbps, o plano inicial ofertado envolvia uma mensalidade de 530 reais, porém, também era necessário investimento único de 2.670 reais do equipamento e arcar com frete e manuseio de 365 reais, em um total de 3.565 reais (sem impostos!). Atualmente, no mês de maio, a empresa lançou uma promoção abaixando a mensalidade para 184 reais e o investimento único do equipamento poderia ser baixado para 1.000 reais. Não houve informações sobre

frete e manuseio, mas agora existe a forma de auto instalação (TECNOBLOG, 2023). Comparado com outras operadoras como Vivo Fibra, planos de 200 à 300 mega via fibra ótica, ou seja, mais estáveis, estariam com uma mensalidade entre 99 e 109 reais. Planos com mais velocidade, como upload de 250 Mb/s e download de: 500Mb/s possuem mensalidades na faixa R\$ 159,99; e sem custo de instalação. Esses valores serão importantes para a próxima discussão.

Em áreas afastadas, principalmente as rurais e com produção de alimentos, a internet 5G poderia automatizar totalmente a irrigação das plantações, e usar drones para pastorear o gado, caso a pecuária fosse extensiva. Agricultura 4.0 é um exemplo de uma certa demanda de automação da produção, otimizando e fiscalizando a produção em todas as suas etapas. Além disso, problemas acerca de abastecimento de água e queimadas, teriam a possibilidade de acompanhamento ao vivo e maior facilidade ao acionar as autoridades.

Em grandes centros, ao integrar e captar dados de toda a cidade, é possível maior integração dos transportes, monitoramento de entregas, informações sobre lotações de quase qualquer estabelecimento em tempo real, dentre outros, o que reduziria custos, otimizaria o dia-a-dia e elevaria a qualidade de vida dos moradores. A IoT alimentada por uma rede híbrida de internet 5G conseguiria contornar os problemas de alcance da rede atual, e minimizar a possível inconstância dos satélites.

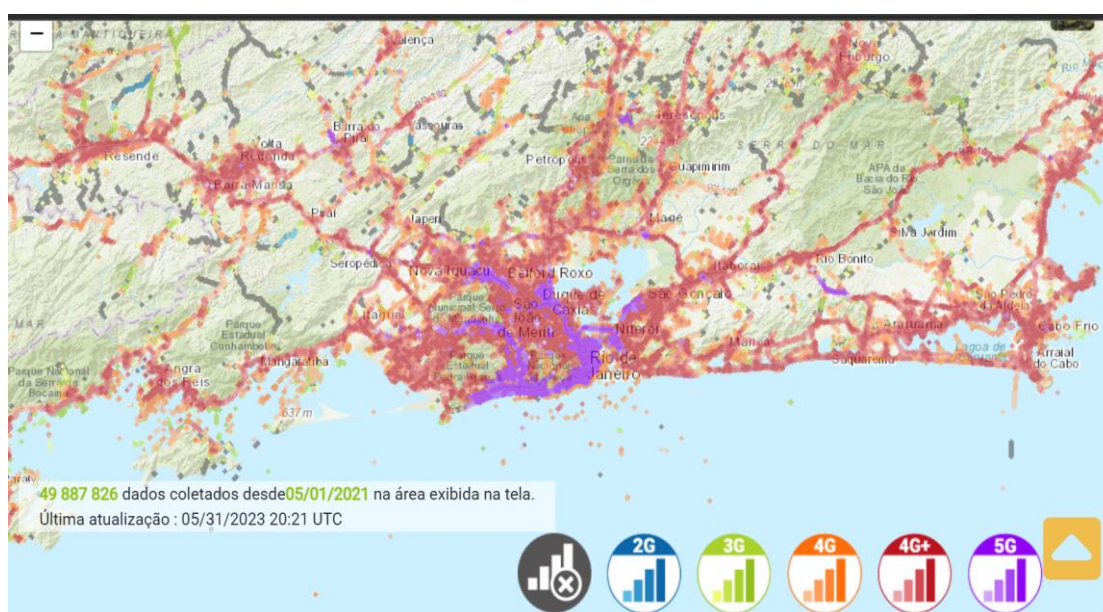
Entretanto, a questão, principalmente nos grandes centros, mesmo que representasse uma melhora no sinal, se comparado com o cenário rural, pouco seria acrescentado, pelo menos no que foi observado por esse trabalho. No sentido de dinâmicas, monitoramento de entregas e informação de lotações de estabelecimentos já existem e são funcionais, embora a proposta de melhorar o serviço seja válida, um investimento inicial nos valores levantados anteriormente representa mais que o triplo de dinheiro gasto mensalmente com internet (caso não haja mudança ou integração dos planos, ou seja, o cenário de ter que contratar ambos, independentes).

Considerando um valor padrão de 160 reais mensais para uma forte internet de cabo e *wifi*, o adicional (somente da mensalidade sem a promoção) dos LEO seria como contratar mais 3 planos de 160 reais. O triplo do valor seria 480 reais, ainda 50 reais a menos que o serviço do LEO. Levando em conta inconstância de sinal, e a cobertura nos centros de 5/4/3G ser relativamente forte

embora latências existam, é um investimento extremamente alto. Se a promoção se manter, ficaria um pouco mais acessível, com uma mensalidade em média 24 reais mais cara, porém o custo custo inicial mantido em 1.000 reais ainda é elevado.

Para ilustrar a cobertura atual sem LEOs, alguns mapas podem se provar efetivos em uma melhor visualização. Por questões de escopo nacional e quantidade/existência de dados, os mapas seguintes são referentes às conexões mobile no Brasil, somente. As conexões gerais serão comentadas mais abaixo no quarto capítulo, porém, somente com um gráfico ilustrativo do Mato Grosso, pois mapas da cobertura de internet geral (via cabo) carecem de dados (por falta de controles por satélites para melhor localização nos mapas gerados) e representam as regiões como um todo, não como os pontos com suas diferentes conexões.

FIGURA 1 - MAPA DE SINAL INTERNET MOBILE OPERADORA VIVO



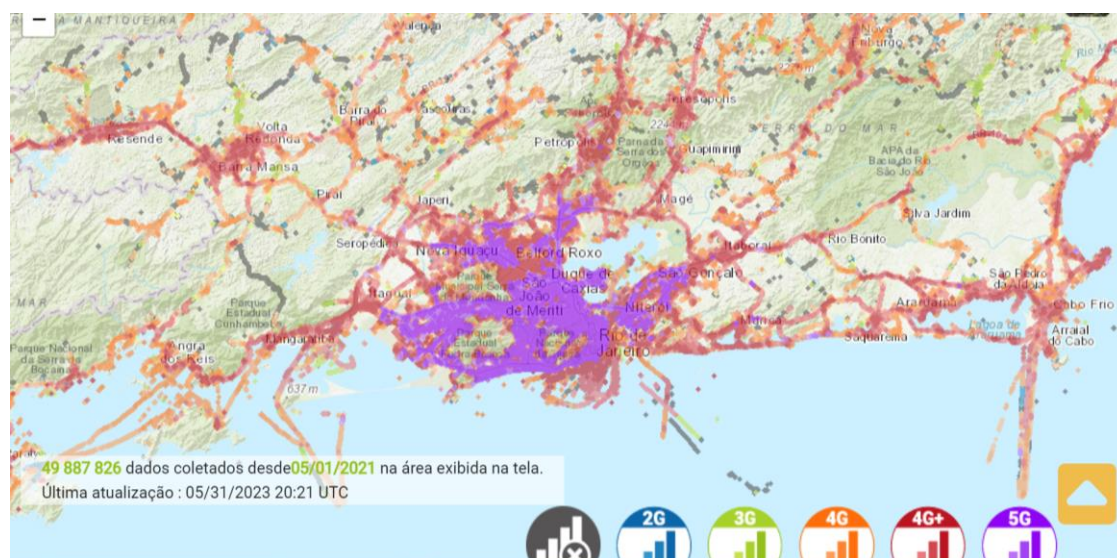
(FONTE: NPERF)

Na legenda do mapa é possível identificar a distinção entre “4G” e “4G+”, em laranja e vermelho, respectivamente. Sua diferença atual é que o 4G+ aceita mudar automaticamente para frequências mais altas ou mais baixas, dependendo da área, com menos inconstâncias que o 4G padrão, porém, neste trabalho, ambos serão simplesmente tratados como 4G, da forma que as conexões alaranjadas e avermelhadas no mapa correspondem à mesma velocidade.

A Vivo possui uma grande cobertura, e por mais que grandes áreas possam ser destacadas como “sem informação de sinal”, sua maioria se configura como

áreas menos povoadas, que para a empresa, não teria demanda a suficiente para suprir o serviço, mesmo que também fossem zonas de transição, com rodovias e vias principais que conectam outras cidades. A maior parte das vias mais movimentadas, em especial o litoral, e BRs principais para o interior estão marcadas como os veios mais grossos de vermelho-alaranjados (4G) que avançam para dentro do país. A cidade do Rio de Janeiro pode ser destacada pela marcação lilás no mapa, e áreas adjacentes que também são densamente habitadas.

FIGURA 2 - MAPA DE SINAL INTERNET MOBILE OPERADORA TIM



(FONTE: NPERF)

O mapa de cobertura da operadora Tim, pelo menos até o momento que os dados desta imagem foram capturados, demonstram uma grande concentração, assim como a Vivo, de sinal 5G (roxo) na capital e áreas adjacentes. Como um ponto interessante de destaque, no canto inferior direito encontra-se a Região dos Lagos, com as cidades de Cabo Frio, Arraial do Cabo e outras, que representam um fortíssimo destino turístico do estado, estão com sinal de 4G extremamente concentrado. A comprida linha laranja que se estende do limite da orla em direção ao ícone de 5G, ainda na borda inferior direita, demonstra como até no mar, ligando ilhas com grandes fluxos, é possível ter uma cobertura de 4G sem LEOs.

Embora dentro das funcionalidades dos LEO esteja a capacidade de fornecer internet em áreas “afastadas”, suas competências se estendem até à áreas menos afastadas, mas sem fornecimento de sinal. Em toda a parte de ambos os mapas onde não há registro de sinal, o papel do LEO seria suprir a localidade com

internet, seja para moradores, ou indivíduos simplesmente de passagem. Entretanto, é importante considerar o custo-benefício de necessidade de uso, já que em grandes vias o sinal aparece como disponível nos mapas. A retórica de complementaridade, perante observação do mapa, se demonstra muito mais eficiente que a de rivalização entre o meio convencional (cabos) e os LEO.

Por sua vez, os LEO, excluindo algum problema técnico ou condição adversa severa, conseguiria suprir as áreas de sinal mais fraco ou inexistente. Em um recorte na cidade do Rio de Janeiro, majoritariamente tomada pelo 5G, pouco acréscimo seria adicionado, a não ser que fosse considerado essencial a movimentação entre pontos com menor captação de sinal.

No sentido prático, essas são as funcionalidades dos LEO de internet, que buscam ampliar o escopo e consistência de sinal, porém, seu funcionamento não se limita aos elementos materiais, já que competências de frequência reguladas por legislações e questões administrativas são igualmente essenciais para o funcionamento dos satélites. Marcos regulatórios, tanto de internet quanto de satélites existem para formalizar as operações e garantir que os equipamentos em órbita, pertencentes a diferentes países e instituições, uniformizem seu funcionamento de maneira integrativa com as tecnologias.

3

ABORDAGEM REGULATÓRIA

3.1

Marcos Regulatórios Internacionais no início dos Satélites LEO

"And as I looked at the stars, I realized what millions of other people have realized when looking at stars. We're tiny. (...) We're here for a second and then gone the next."

Danny Wallace

Ao orbitar a Terra, os satélites de comunicações transcendem o controle humano em algumas situações, seja em alguma falha em seu funcionamento, seja em erros de cálculo de rota. Por não ser possível conceber, pelo menos nos dias atuais, alguma proteção para cidades durante a queda de satélites captados pela gravidade ou que se choquem entre si, existem diversas regulações internacionais para garantir medidas gerais e aplicações em todo o globo, independente do país, no que tange frequências específicas para não interferência e especificidades das órbitas. Então, para atualizações periódicas das Regulações de Radiofrequência, acontece em média de três em três anos, a WRC (*World Radiocommunication Conferences*), administrada por comitês da ONU.

Em 1995 ocorreu a primeira de muitas conferências de radiocomunicações, marcando o primeiro marco regulatório, com o objetivo de chegar a um acordo acerca das frequências de sinal utilizadas. Na prática, a conferência aborda três possíveis relações com as frequências, que seriam: *"re-allocation of existing spectrum from another service; increasing the amount of usable spectrum by improving the efficiency of technology; or sharing the spectrum on an agreed basis with existing services."* (WRC, 1995). Houve certa previsão sobre a nova geração de serviços de comunicação pessoal investir na utilização de constelações de LEO a nível global, onde duas preocupações centrais eram (1) alocação da frequência e espectro para os novos satélites e (2) simplificações das regulações acerca de radiofrequência pelo aumento de atores (lançadores de satélites).

Pela conferência ter contado com cerca de 120 países, havia pluralidade de graus de industrialização envolvidos, o que tornou a discussão de frequências bipolar de certa maneira, já que haviam países industrializados com complexas estruturas físicas, e países em desenvolvimento e com muitas áreas isoladas, que não se beneficiaram caso a frequência fosse de maior intensidade e menor escopo. *“Agreement was finally reached by providing for arrangements to be put in place to protect existing terrestrial services so that they can be phased out slowly and replaced with newer technology.”* (WRC, 1995).

É interessante constatar que na década de 90 já havia preocupações acerca do futuro das telecomunicações, pensando inclusive sobre evolução dos satélites e possíveis atualizações do aparato. O paralelo com as diferenças infraestruturais dos países ainda se perpetuam nos dias atuais, pois por exemplo, os países em desenvolvimento que se opuseram à proposta de adequar a frequência com aparatos já existentes e fixos foram principalmente América Latina e diversos da África, que teriam dificuldade de acompanhar os parâmetros. Esses países não tinham a infraestrutura terrestre em larga escala e operação, ou seja, se aprovado, teriam ficado mais dependentes dos demais industrializados.

Além da justificativa infraestrutural, um outro problema mais latente é que as ondas de rádio de cada país não teriam como delimitar perfeitamente seu escopo nos limites territoriais nacionais, ou seja, a onda de alguns satélites poderia acabar interferindo em países próximos, podendo inclusive atrapalhar demais sinais e funcionamento de certos aparelhos. Então o papel da ITU (União Internacional de Telecomunicações), pertencente à ONU, teve como responsabilidade conciliar os interesses dos países e chegar a marcos regulatórios que seriam as bases da utilização de satélites de telecomunicações atuais, sem que países se tornassem prejudicados.

Os três maiores marcos da conferência de 1995 podem ser sintetizados em:

- a. Alocação da regulação para englobar frequências de LEO de menos de 1GHz.
- b. Debate sobre expansão de frequência acerca dos satélites de órbita não-geossíncrona saindo vitoriosos.
- c. Divisão de frequência e equiparação de usos de satélites geossíncronos e não-geossíncronos.

3.2

Marcos Regulatórios de Satélites LEO Atuais (2019 e 2023)

O encontro de 2019, exatamente 24 anos depois do primeiro, contou com outras conferências no decorrer dos anos, porém, por serem assuntos extensos de regulação, no que tange LEOs para 5G e integração com a rede de internet atual, é mais interessante para a ótica deste trabalho observar quais são os marcos mais atuais, por serem mais próximos da realidade do ano de 2023. A WRC de 2019 ocorreu em Novembro, no Egito, e quatro meses depois, a pandemia foi oficializada em diversos países, como por exemplo o *lockdown* iniciado no meio de Março de 2020 no Rio de Janeiro. No presente ano de 2023 está marcada uma nova WRC, a primeira depois da pandemia, e a oficialização de serviços de constelações de satélite LEO como a Starlink e outros.

Com o passar dos anos, e as diferenças dos países, potências como Estados Unidos, diversos países europeus e asiáticos, seguiram com a capacidade tecnológica maior, e algumas adversidades surgiram em um contexto de *Smart Cities* e extrema conectividade de aparelhos e periféricos. Mais especificamente o Japão, passou a enfrentar possíveis problemas com algumas frequências de internet para utilização sem fio (LAN). O cerne da questão é que motivados pela alta conectividade das cidades, e a integração no cotidiano, as conexões com frequência de 5GHz (principalmente usadas em 5G e Wifi) possuem algumas diferenças que as caracterizam mais para uso *indoors* ou *outdoors*.

A frequência de 5.2GHz, por exemplo, era regulamentada somente para uso interno, e limitada a 200 Mw (medida de potência). Porém, essa limitação da frequência tem suas raízes em outros padrões internacionais, pois a mesma é utilizada em comunicação por satélite, e como controlar esses sinais de onda é impossível, se essa frequência fosse usada também *outdoors*, seria um risco de interferência em diversos aparelhos ao mesmo tempo, por se tratar de uma conexão *wireless* em uma cidade densamente povoada e interligada como Tokyo. Então essa diferenciação é um dos marcos mais importantes, pois mesmo parecendo meramente de organização de frequência, ele impede grandes catástrofes de interferência, que em uma *Smart City* pode causar um verdadeiro caos pelo alto grau de automação.

A coordenação dos países (não necessariamente a cooperação) é essencial para que acidentes e interferências não ocorram. Para tal, é necessário que o

projeto com as especificidades do satélite sejam publicadas, onde demais Estados podem garantir que os acordos acerca da frequência e outras características foram respeitados. Por existir este ponto, é facilitada uma negociação por Estados que se provarem lesados com o projeto, pois a uniformização das regulações promovem mais fácil identificação de problemas, e por questões, como frequência, serem já previamente estipuladas, existe um referencial a que seguir.

Por se tratar de objetos orbitando a Terra, qualquer Estados possui o dever e a obrigação de notificar qualquer comportamento não corriqueiro. Sendo alguns satélites mais próximos do campo gravitacional da Terra, uma alteração em sua rota ou comportamento estranho pode significar entrada na atmosfera, e consequente queda. Como seria praticamente impossível prever o local exato do acidente, passa a ser papel de todos estar alerta perante alguma situação adversa, pois não envolve só a proteção do Estado responsável por aquele satélite, mas sim de todos os demais, pois o problema pode afetar indiscriminadamente. Como até então os mais importantes satélites eram GEO, algumas lógicas dos LEO transformaram algumas regulações, principalmente por sua maior proximidade com a Terra.

A agenda firmada em 2019 para a WRS-2023 atravessou uma pandemia e vivenciou muitas mudanças e acelerações perante esse período de três anos. A resolução 188 intitulada “*Agenda for the 2023 World Radiocommunication Conference*”, reafirma a sua importância como Conferência no estabelecimento do marco do conhecimento e publicação das frequências utilizadas e órbitas, pois com o passar dos anos, a quantidade de satélites foi aumentando, sobretudo os últimos anos, onde a quantidade de LEOs crescia exponencialmente, e com uma grande diversidade de atores. Dentre eles, agências espaciais e empresas privadas são os maiores lançadores, o que exige uma alta coordenação para que acidentes e infortúnios não aconteçam.

3.3.

Marcos Regulatórios dos Satélites LEO 5G brasileiros

Marcos regulatórios acerca da saúde, internet, recursos hídricos e demais áreas existem há décadas, são constantemente transformados e adicionados para melhorar a experiência dos usuários. Dessa forma, a utilização crescente de satélites LEO culminou na necessidade de existência de marcos regulatórios, com

especificações e direcionamentos gerais. Em nível internacional, a instituição responsável pela regulamentação é a União Internacional de Telecomunicações (ITU), então a âmbito nacional, no Brasil, por exemplo, existe a Lei Geral de Telecomunicações, abrangendo também todo o aparato via satélite, que pode ser destacado como o primeiro marco regulatório brasileiro.

A Agência disporá sobre os requisitos e critérios específicos para execução de serviço de telecomunicações que utilize satélite, geoestacionário ou não, independentemente de o acesso a ele ocorrer a partir do território nacional ou do exterior. (BRASIL, 1997, ART. 170).

Mesmo datando de 1997, ao abranger satélites “geoestacionários ou não”, o escopo passa a englobar os LEO, que embora tenham projetos datados do início da década de 90, somente vinte anos depois de fato testes começaram a ser estabelecidos em grande escala de constelações para conexões. Por não ser um país com certa especialização em produtos eletrônicos, o Brasil pratica uma blindagem do setor de satélites, onde sempre será dada preferência para satélites de empresas brasileiras de telecomunicações, uma vez que tenham o mesmo serviço que as demais empresas concorrentes.

Além disso, como descrito no parágrafo 1 do artigo 171: “O emprego de satélite estrangeiro somente será admitido quando sua contratação for feita com empresa constituída segundo as leis brasileiras e com sede e administração no país, na condição de representante legal do operador estrangeiro.”, então, dessa forma, o Estado não abriria mão do controle das leis que regem o funcionamento da contratação, mesmo em casos de empresas internacionais.

Com o passar dos anos, o setor de satélites foi crescendo, e o Brasil, mesmo sendo reconhecidamente um exportador de *commodities*, e sem especialização no setor de eletrônicos, começou a se engajar nesse mercado com uma produção nacional. A Lei Geral teve protagonismo nessa iniciativa, pois garantindo a prioridade dos produtos nacionais, caso tivessem a mesma finalidade do internacional, o setor teria espaço para crescer no mercado interno.

Recentemente o Brasil alcançou a marca de 213,3 milhões de habitantes (IBGE, 2021). Segundo o Banco Mundial (2020) 81,3% da população brasileira teria acesso à internet, e de acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios realizada pelo governo brasileiro no mesmo ano de 2020, 90% dos lares têm acesso à internet. Esses dados são importantes para entender o

expressivo mercado consumidor da internet, e como serviços de telecomunicações e conexão são visados para atividades diárias, confirmando a sua necessidade. A EMBRAPPII (Empresas Brasileiras de Pesquisa e Inovação Industrial), em 2022 passou a desenvolver um satélite integralmente brasileiro, que possui um investimento inicial de 2,9 milhões de reais, e está contando com a colaboração do ISI (Instituto SENAI de Inovação) e a empresa Visiona Tecnologia Espacial.

Segundo a ABRASAT (Associação Brasileira das Empresas de Telecomunicações por Satélites), “O Brasil entrou na era espacial já nos anos 1970, sendo o primeiro país a utilizar segmento espacial alugado para suas comunicações domésticas” (2021). Por mais que nessa época os segmentos fossem alugados, esse engajamento demonstrava o interesse brasileiro de se modernizar e acompanhar a nova tecnologia, e uma vez não tendo especialização no ramo, a alternativa foi utilizar material alugado de países que tinham maiores vantagens nesse setor. Quinze anos depois, em 1985, o Brasil realizou o lançamento do "BrasilSat A1", inaugurando o SBTS (Sistema Brasileiro de Telecomunicações por Satélite), importante marco histórico que influenciou intimamente a criação de um segundo tipo de marco, desta vez regulatório, administrado pela ANATEL sobre tipos aceitos de lançadores de satélites (VSL) e a instauração da Agência Espacial Brasileira.

Estes marcos podem ser apontados como os pioneiros do avanço da regulamentação dos satélites no Brasil, e é importante ressaltar que essas conquistas, na maior parte das vezes, só foram alcançadas pela colaboração de esforços militares e industriais. A natureza dessa cooperação envolve segurança além da própria produção do conhecimento com os dados gerados. Embora na atualidade exista a pluralidade já citada de satélites, os que foram inicialmente lançados na década de 80, no Brasil, eram de observação da Terra e produção de dados científicos com sensoriamento remoto em cidades. Por serem as primeiras experiências, competências de segurança eram muito levadas em conta, desde o lançamento mediado pelas forças armadas, até a fiscalização de órbita.

O futuro dos marcos e regulações brasileiras está muito atrelado à Consulta Pública No. 51/2020 da ANATEL, que iniciou o movimento de revisão sobre o RUE, o Regulamento do Uso de Radiofrequências. Seu enfoque é voltado para a competitividade que está crescendo no mercado de satélites, e no caso do Brasil, não ter empresas nacionais com tecnologia própria o mantém em uma

posição de possuir somente empresas de revenda do serviço ou utilização de tecnologia mais antiga e mais barata. “A continuidade e expansão de todo esse dinamismo na área espacial não só depende de uma política espacial assertiva e pragmática, como também de um quadro regulatório propício, tanto a nível nacional quanto internacional.” (ABRASAT, 2021).

Entretanto, talvez uma boa notícia no âmbito brasileiro, são os atuais esforços para produção e lançamento de nano-satélites, em cooperação com a China, indicando interesse em, pelo menos, não se tornar dependente de outros países em longo prazo. Mesmo que ainda seja um longo caminho regulatório e tecnológico para alcançar certa independência no setor, há alguns ganhos específicos que podem ser muito benéficos para o Brasil, e que não envolvem o abastecimento de internet para indivíduos e lazer. Pelo Brasil não ser referência em *high-technology*, tentar competir com empresas norte-americanas e chinesas é verdadeiramente impossível neste momento. Porém, o Brasil é referência em produção de *commodities*, e embora não seja uma área de alto valor agregado, é um setor que pode se desenvolver muito com os LEO. Se associados com lógicas de uma Agricultura 4.0, advinda da Quarta Revolução Industrial, e um certo incentivo em aumento de regulações e inovações, essa integração pode trazer relativos ganhos, como visto na próxima abordagem.

4

ABORDAGEM PRÁTICA

4.1.

Padrões do Desenvolvimento-Subdesenvolvimento

"Look up at the stars and not down at your feet. Try to make sense of what you see, and wonder about what makes the universe exist. Be curious."

Stephen Hawking

Com uma base legislativa relativamente robusta internacionalmente, o pleno funcionamento dos satélites sem interferência em outros eletrônicos é possível, assim como sua distribuição e programação de órbita para maior cobertura. Porém, o escopo e funcionamento dos satélites não é garantidor de seus serviços e oferta de sinal, somente. Existem duas dinâmicas comerciais que são as maiores influenciadoras do mercado de satélites, que seriam quem os constroem e quem fornece o equipamento final e seus serviços, demonstrando a integração de tecnologia, regulação e comercialização.

Os satélites são bens de alto valor agregado, e intensivos em tecnologia de ponta, possuindo principalmente, um componente chamado de semicondutor, a atual “jóia” do setor de tecnologia. *“Semiconductor industry was named as the ‘vomit gold machine’ of modern industry”* (RUI; LEE, 2011, p. 3), principalmente por ser (1) extremamente necessário em quase todos os aparelhos tecnológicos como celulares, tablets, computadores, e outros e (2) serem produzidos por poucos países pela sua alta tecnologia e necessidade de especialização, o que são aspectos que elevam o valor do componente, e o tornam central para o desenvolvimento tecnológico.

Os países que atualmente mais produzem semicondutores são Taiwan, Coréia do Sul, Japão, Estados Unidos e China, onde o primeiro país citado produz pouco mais de 50% dos chips do mercado mundial (CNN, 2022), pela empresa TSMC. Por se destacar tanto no mercado, a TSCM possui algumas características que garantiram esse posicionamento como, por exemplo, ser a fornecedora de marcas como Apple, Qualcomm e Nvidia. Por ser um grande volume, a maior

parte dos chips tem sua montagem terceirizada, ou seja, comparando com outras empresas de semicondutores, a TSCM não é uma montadora de seus produtos.

Mesmo que Taiwan seja territorialmente pequena, pouco espaço não afeta a entrega dos produtos finais, principalmente pela fragmentação da produção em outros lugares via a terceirização de sua fabricação e montagem dos chips. Inclusive, em resposta a pressão e intimidação causadas na ilha por parte da China com um revogar da política de “um país dois sistemas”, a TSCM, pela primeira vez se expandiu oficialmente para fora de Taiwan, abrindo uma fábrica nos EUA em meados de 2020, um país que além de simpático à causa de Taiwan também tem é destaque na produção de semicondutores.

Neste cenário, é possível identificar disputas para além da tecnológica, e certa repetição de atores pelo seu poder econômico e de produção. O mercado de tecnologia está constantemente evoluindo, e semicondutores, chips cada vez menores e essenciais, são um bom exemplo disso. Porém, da mesma forma que diversos eletrônicos precisam desses semicondutores, a maior parte dos satélites de internet não são diferentes. Um aspecto essencial que envolve os componentes eletrônicos, é que no Espaço Sideral alguns materiais são preferíveis pela diferença de características se comparado com a Terra. O Nitreto de Gálio (GnA), é um material que tem sido apontado como extremamente compatível para produção de chips de equipamentos que tem o Espaço Sideral como destino.

Its high power capacity makes it the most promising semiconductor since silicon. GaN operates reliably at much higher voltages and temperatures than silicon or gallium arsenide, offering a five- to ten-fold increase in communications signal strength without requiring active cooling systems. As an additional advantage for space missions, it is also inherently radiation resistant (ESA, 2021).

Atualmente, os metais mais utilizados como matéria prima para chips são silício, germânio, arseneto de gálio e fosfeto de índio. Esses materiais em sua maioria são caros, e por ser utilizados em semicondutores altamente tecnológicos, a quantidade de países que pode desenvolvê-los é pequena, onde somente os com indústria mais especializada em alta tecnologia adentram o mercado. Para explicar as diferenças comerciais dos países, existem dois modelos tradicionais que serão úteis neste momento, Vantagens Comparativas de David Ricardo e o Modelo de HO (Heckscher-Ohlin).

No primeiro deles, é observado como os países possuíam características distintas, seja a nível natural ou diferentes graus de industrialização, e dependendo

da combinação, seria mais vantajoso produzir e focar seus esforços em um bem X. Como isso seria uma realidade em cada país, faria certo sentido que o sistema internacional compreendesse isso e realizasse trocas, tendo uma maior pluralidade de produtos sem necessariamente ter que produzir tudo nacionalmente. Então com essa ótica, o comércio funcionava com países exportando aquilo que tinham mais vantagens e importando o que não produziam (ou produziam muito pouco com baixa demanda para o mercado interno).

O segundo dos modelos traz um pouco mais de detalhe, e a nomenclatura “dotação de fatores” passa a considerar a abundância relativa dos fatores de produção e a sua intensidade, segmentando e conferindo mais especialidades aos países. Em um cenário ideal, e longe da realidade, a eficiência das trocas facilitaria o comércio, porém, ao considerar a própria diferença dos países via o produto com “mais vantagens” ou “mais especialização”, seriam inerentes às diferenças de preço e de função, o que obrigatoriamente cultivaria o costume ou dependência desses fatores de produção originais. O Brasil, por exemplo, exportador de *commodities* teria abundância de terra e intensidade de mão de obra com baixa especialização por causa da agricultura, enquanto Taiwan, com seu protagonismo em semicondutores, teria abundância de capital e intensidade de tecnologia e mão de obra especializada.

Considerando as lógicas de David Ricardo e o modelo de HO é como se os países ganhassem sempre mais caso seguissem essas fórmulas, porém isso abre o precedente de estagnação no desenvolvimento, já que mesmo que em um primeiro momento os países possam usufruir de suas habilidades mais latentes, países mais industrializados, e com maior especialização teriam certas vantagens. No sentido das Cadeias Globais de Valor, mesmo que um país faça muitas exportações, como o Brasil, se os bens tem baixo valor agregado, então sua participação será obrigatoriamente menor. No caso particular dos satélites de internet, como empresas que têm o domínio da tecnologia tanto dos aparelhos quanto de seu lançamento em órbita são estrangeiras, o que ocorre é um certo monopólio do serviço por países que têm maior capacidade tecnológica, pois como a operação ocorre no Espaço, é necessária também a criação e lançamento desses aparelhos.

Esse cenário então, leva à discussão acerca do desenvolvimento e subdesenvolvimento dos países. Embora este assunto claramente se traduza em diversas áreas, o setor aeroespacial é o contemplado neste trabalho, trazendo como

foco a fabricação dos LEO de internet e empresas responsáveis por seu lançamento e serviços de rede. A lista dos países que mais produzem semicondutores tem no seu top 5, três dos cinco países que mais lançam satélites atualmente, Estados Unidos, China e Japão. Embora não haja uma ligação direta entre ser um dos países que mais produz semicondutores e um dos que mais lança satélites, há uma indireta e extremamente latente: indústria e especialização. Embora capital também seja importante por serem tecnologias muito caras, o mesmo mais se parece com um “meio” do que uma “característica”, já que outros países, até mesmo com mais capital que EUA, Japão e China não se engajam nesse setor. A indústria, com competências de design e outras etapas de alto valor da produção e mão de obra especializada são os diferenciais, e mesmo que, como no caso da TSCM, muitos serviços sejam terceirizados, estes representam mais etapas com baixo valor agregado, em sua maioria, montadoras.

Uma vez atingida a fronteira tecnológica, os PADs recorreram a uma série de medidas para ficarem à frente dos competidores reais ou potenciais. Dada a doação do período em que se manteve a posição de “economia de fronteira” A Grã-Bretanha é o caso mais notório neste aspecto, porém outros países também lançaram mão dos mesmos recursos sempre que possível. (CHANG, 2002).

A citação acima é da obra “Chutando a Escada”, de Ha-Joon Chang, onde o autor traz a metáfora dos PADs (países atualmente desenvolvidos) como agentes que uma vez conseguindo alcançar o desenvolvimento, como se fosse à subida de uma escada, ao chegar ao topo, garantem que o mesmo caminho não seja percorrido pelos demais, enfim, a chutando. E esse “chute” da escada do desenvolvimento ocorre de diversas maneiras, seja a nível legislativo, como, por exemplo, a já citada Convenção acerca da uniformização das frequências de satélites, onde houve pressão para determinadas frequências mais utilizadas em satélites mais atuais fossem a regra, em detrimento de mais antigos. Neste caso em específico, a ONU mediou a situação, mas o engajamento em assegurar que países menos desenvolvidos que usavam tecnologia antiga ou material de segunda mão ficassem sem opção além de comprar novos satélites daqueles que detinham essas tecnologias, deve ser constante para evitar dependências forçadas.

Algumas lógicas comerciais e de produção também ajudam a “chutar a escada”. Um país conseguir se desenvolver para poder ter competências de design e processos de alto valor agregado necessita de capital e tecnologia. Questões legais envolvendo patentes são legítimas, principalmente envolvendo cosméticos

e outros setores onde uma cópia pode inclusive lesar o consumidor, porém, discursos como os das Vantagens Comparativas, se levadas ao absoluto engessam os países. Transferências tecnológicas pautadas em tecnologias antigas e já não mais utilizadas por parte de países desenvolvidos para países em subdesenvolvidos também tão pouco são um tipo de ação altruísta e cooperativa, pois as relações de diferentes graus de desenvolvimento se mantêm.

Existe uma progressão que funciona como uma espécie de manual para o desenvolvimento econômico dos países, como se cronologicamente fosse possível prever as etapas de forma igualitária e comum a todos os países. O autor Rostow (1978) aborda 5 etapas, que se dividem em determinadas décadas, como se a passagem no tempo nos estágios conferisse inovação e desenvolvimento. Inicialmente o autor considera que todos os países começam seu desenvolvimento como uma “Sociedade Tradicional”, possuindo tecnologia rudimentar, com seu uso pautado mais para agricultura em uma sociedade “pré-newtoniana”. Após superada essa fase, entra-se nas “Pré-Condições para o Arranco”, onde noções de lucro e comércio florescem e há investimento em transportes. Se antes, senhores feudais e agrários detinham o poder, agora o Estado tem uma mão forte, capaz de criar instituições. Seguindo a lógica após as pré-condições, ocorre o “Arranco”, onde há uma normalização da existência de indústrias e processos industriais, que não são mais puras novidades, e sim costumeiras no cotidiano humano de uma sociedade moderna.

Depois desse momento inicial e a consolidação de uma indústria, ocorre a “Maturidade”, e os setores da economia começam a caminhar para bens com maior valor agregado, para finalmente alcançar o “Consumo de Massa”, a era em que o *Welfare State* é possível. Com esse Estado de bem-estar social, preocupações acerca de redistribuição de renda e presença do Estado cresceriam. Todo esse processo duraria cerca de 200-300 anos, onde por exemplo o “Arranco” e “Pré-Condições” juntos durariam em média, 40 e 60 anos respectivamente. Entretanto, mesmo que Rostow não tenha proposto as etapas como regras absolutas, a história contada pelas 5 fases parece concordar muito mais com a trajetória de países como Inglaterra, França, Estados Unidos, Japão e outros, do que Brasil, Argentina, Colômbia, México, Nigéria, Moçambique e demais.

No sentido de acumulação, países que foram colônias por muito tempo tiveram diversos recursos transferidos sem qualquer ganho inicial, por exemplo.

Então revela-se aqui a relação de desenvolvimento e subdesenvolvimento. Transcendendo questões de comércio e produção, analogias como Vantagens Comparativas e Etapas do Desenvolvimento cabem no sentido de lançar luz às lógicas aplicadas ao desenvolvimento e subdesenvolvimento na ciência e tecnologia, inclusive no que tange produção de LEO e redes de internet. Países no topo dessa indústria têm muito mais capacidade de escolhas e moldagem do setor que países não tão desenvolvidos, que embora tenham um grande mercado consumidor, não têm acesso às tecnologias necessárias para lançamento e produção de LEOs.

Há, entretanto, uma segurança nessa situação, embora não se possa prever quanto tempo se manterá. Considerando a situação atual, a rede de internet existente sob a forma de cabos submarinos supre a necessidade de internet, em uma estrutura existente há décadas, então por hora, o total monopólio de tecnologias de satélites LEO de internet não é algo que ameace o sistema existente. Porém, algumas modalidades poderiam ser muito mais benéficas em alguns setores para países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, principalmente exportadores de *commodities* como o Brasil.

4.2.

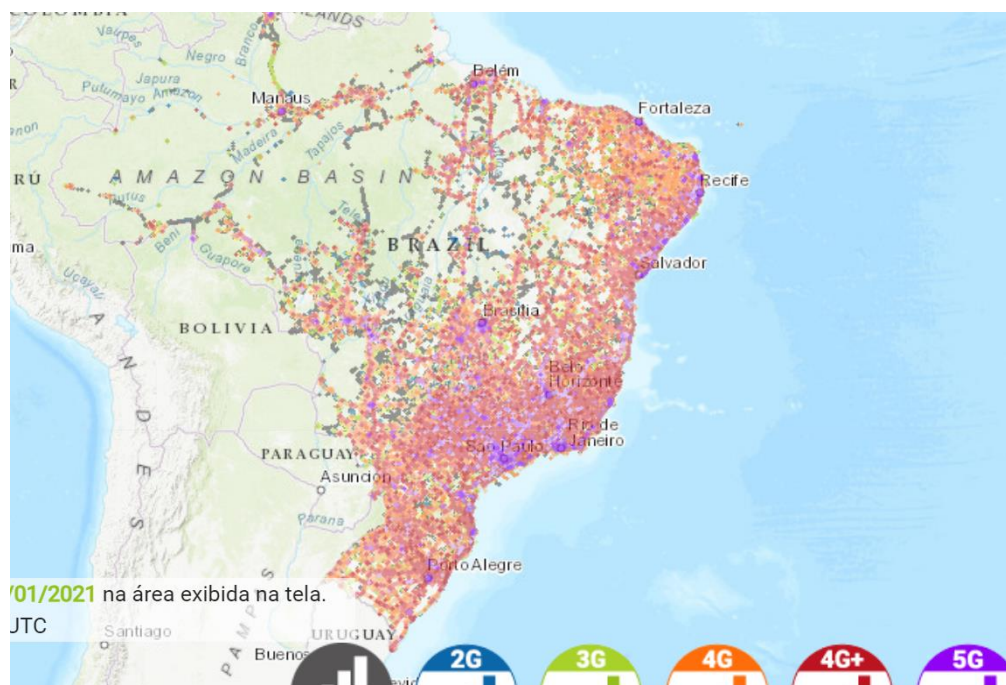
O Caso dos LEO e seu papel nas Commodities brasileiras

Da mesma forma que na 1ª Revolução Industrial o vapor se tornou essencial para a mecânica da época, a tecnologia e inovação são a nova força motriz da atual 4ª Revolução industrial, muito além de simplesmente ter energia elétrica e componentes digitais. Cada vez mais o digital está presente, computadores e tablets substituindo cadernos, assistentes de voz substituindo o digitar das buscas, e AIs facilitando e acelerando várias tarefas humanas. Todas essas inovações e automatizações também são vividas em outros campos, como por exemplo, a agricultura. É importante ressaltar que tudo envolvendo automação do cotidiano possui também um lado negativo, mas como esse trabalho se propõe a analisar as dinâmicas facilitadas pelos LEO 5G, seu foco será as transformações e auxílios que a Agricultura 4.0 aliada aos satélites pode alcançar economicamente para o Brasil.

Segundo o engenheiro e economista alemão Klaus Schwab, na matéria “*The Fourth Revolution*” da Foreign Affairs (2015): “*There are three reasons*

why today's transformations represent not merely a prolongation of the Third Industrial Revolution but rather the arrival of a Fourth one: velocity, scope, and systems impact". Muitas práticas, mesmo que consideradas *mainstream* até o momento atual, facilmente podem se tornar ultrapassadas perante as novas tecnologias, e no atual cenário, e os LEO podem representar um grande avanço na forma de plantio e produção de alimentos. As grandes fazendas e plantações das *commodities* brasileiras estão localizadas mais no interior, longe dos grandes centros com as fortes conexões do litoral, como já abordado antes. Segue abaixo demonstrativos acerca da cobertura de internet *mobile* no Brasil.

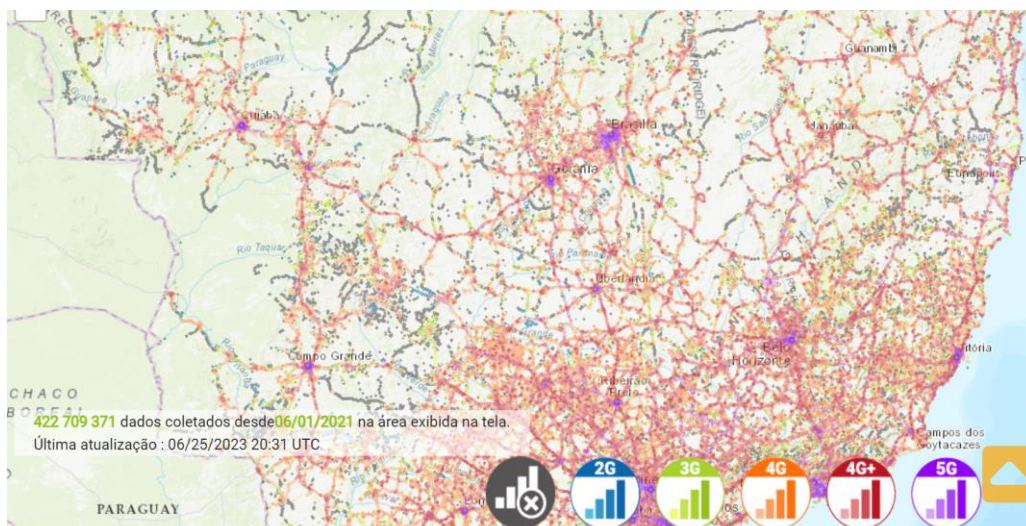
FIGURA 3 - MAPA DE INTERNET MOBILE OPERADORA VIVO BRASIL



(FONTE: NPERF)

Assim como os mapas anteriores, o demonstrativo abarca somente as conexões mobile. É possível notar a forte concentração no litoral, em uma presença maciça do 4G (alaranjado e avermelhado). Mais ao Sudeste e Sul, os maiores focos de 5G são demarcados, em contrapartida de grande parte do Centro-Oeste e Norte, onde muitos lugares nem existem dados. Nos estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, os adensamentos de sinal envolvem somente as suas capitais e áreas adjacentes.

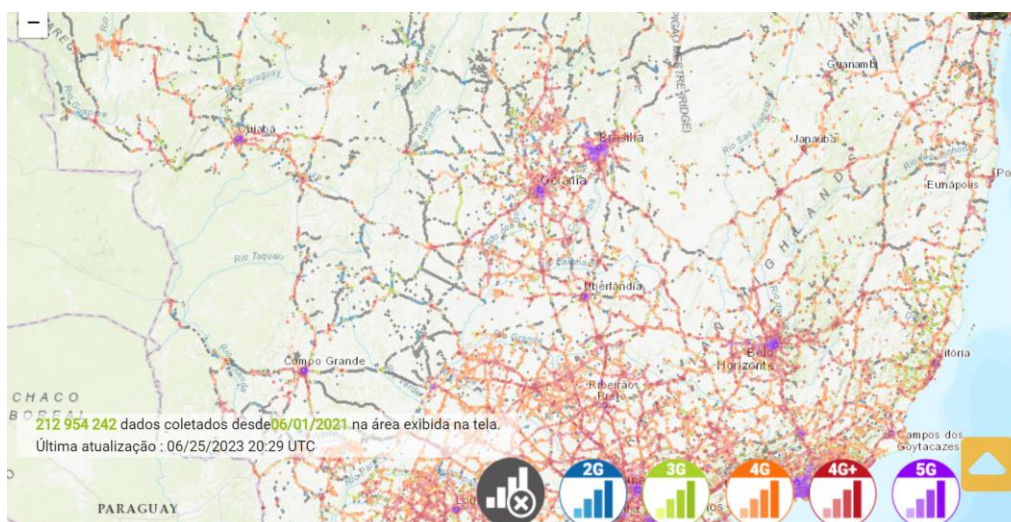
FIGURA 4 - MAPA DE INTERNET MOBILE OPERADORA VIVO



(FONTE: NPERF)

O mapa acima representa a cobertura de sinal móvel da operadora Vivo, pegando um maior foco na região Centro-Oeste. Na grande concentração no meio do mapa se localiza Brasília, mas, quanto mais para o interior, mais fraco o sinal vai se tornando. Nos 2 pontos roxos à esquerda, se localizam Cuiabá (MT) e Campo Grande (MS). Entretanto, existem outras operadoras no país, e mesmo que a cobertura não apresente muita diferença, seguem mapas acerca da cobertura móvel da Tim e Claro observadas nos mesmos pontos, mesmos filtros e qualquer outra métrica idêntica à anterior. A última imagem destaca em maior escala a operadora Oi, mas as métricas também seguem as mesmas.

FIGURA 5 - MAPA DE INTERNET MOBILE OPERADORA TIM

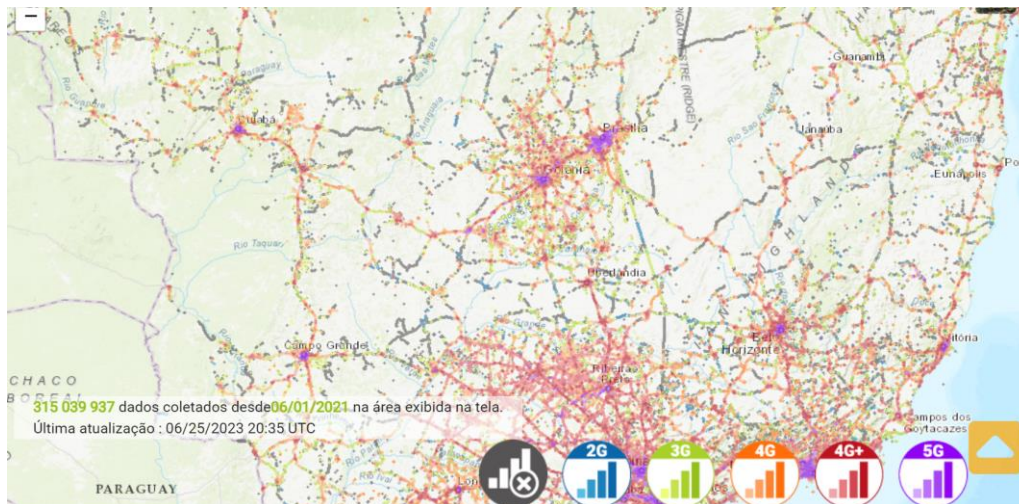


(FONTE: NPERF)

Tanto a operadora Tim, quanto a Claro possuem diferenças de escopo, porém, um padrão de ausências sempre nas mesmas regiões podem ser marcados.

Lembrando que ainda que os dados não sejam completos por contarem somente com as conexões mobile, os problemas de falta de internet no campo e agricultura demonstram que a conexão realmente não é o suficiente.

FIGURA 6 - MAPA DE INTERNET MOBILE OPERADORA CLARO



(FONTE: NPERF)

A operadora Oi foi destacada em visão mais centralizada para demonstrar seu foco mais no litoral e cidades mais densamente povoadas. Mais ao interior do país, o sinal inclusive cai para 2G. É importante ressaltar também que por ser conexão *mobile*, a falta de sinal afeta tanto a automação do agronegócio quanto qualquer população da área.

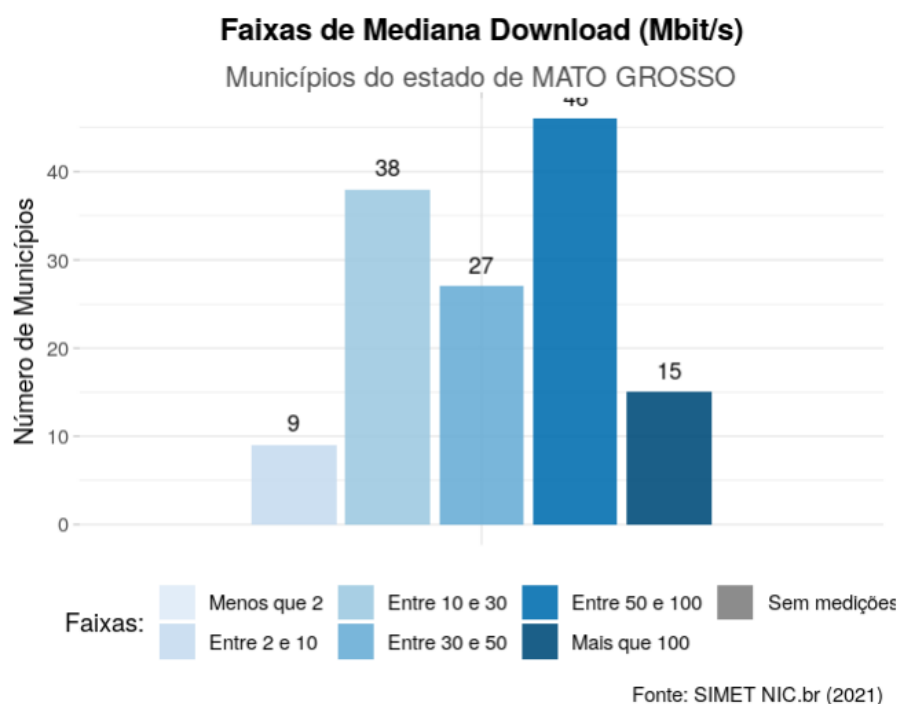
FIGURA 7 - MAPA DE INTERNET MOBILE OPERADORA OI



(FONTE: NPERF)

Porém, a falta de escopo nunca impediu a agricultura brasileira de digitalizar a sua produção, para torná-la mais eficiente, na medida do possível. “A agricultura digital já é uma realidade no Brasil, mas devido à extensão do território brasileiro e à diversidade de condições, cada região do país vive um estágio diferente em relação ao avanço desse tipo de agricultura.” (ABRASAT, 2019). A ABRASAT, a Associação Brasileira das Empresas de Telecomunicações por Satélites, é uma das maiores interessadas neste setor, já que é uma combinação de uma “vantagem comparativa” brasileira e um segmento promissor do mercado de tecnologia.

FIGURA 8 - MÉDIA DE DOWNLOAD MUNICÍPIOS MATO-GROSSO



(FONTE: SIMET)

Analisando quantitativamente os dados da SIMET em cooperação com CGI (Comitê Gestor da Internet) gerais (mobile+local), ao fazer um comparativo da maior média da região de Mato Grosso (Cuiabá e adjacentes), com velocidade download de 53 Mb/s, e a menor área do Rio de Janeiro (Região dos Lagos), com velocidade de download de 50,88 Mb/s, nota-se a discrepância. Por termos curiosidade, a maior taxa de velocidade de download do Rio de Janeiro (Capital) conta com 82 Mb/s. O estado do Mato Grosso do Sul (região de Campo Grande e adjacentes), conta com a maior velocidade de download 47 Mb/s.

O Ministério da Agricultura (2019) afirmou que a falta de conectividade no campo é um limitador para o crescimento do agronegócio e sua relativa automação. Pelas informações contidas no capítulo 2, foram percorridas as diferenças dos atuais GEO e o que os LEO poderiam acrescentar na conectividade. Palavras associadas à Agricultura 4.0 são “automação”, ‘IoT’, “AI” e “análise rápida dos dados”, onde esta última tem muito o que ganhar em termos de resposta se associada à anterior. A conectividade gerada interligaria máquinas e equipamentos de visualização da produção de uma maneira mais eficiente na Agricultura 4.0, se comparada com a atual agricultura digital, que por questões de cobertura possui diferentes limites. Da mesma forma que seria necessário torres de captação de sinal no caso da utilização dos GEO, os nodos dos LEO poderiam ser uma alternativa com menos impactos estruturais.

(...) um aumento de 25% nas estações de Rádio Base rurais poderia ampliar a conectividade no campo em 107 milhões de hectares, considerando torres com raio de alcance de 15 km a 30 km. De acordo com a pesquisa, o Brasil tem hoje pouco mais de 9 mil torres em áreas rurais (cerca de 10% do total), sendo que seriam necessárias pelo menos o dobro (20 mil torres) para atender completamente as áreas produtivas (ABRASAT, 2019).

Como o alcance das torres e sua infraestrutura é uma questão essencial e limitadora, as funcionalidades base dos LEOs seriam capazes de contornar esses problemas de escopo, que estão atrelados ao raio das torres atuais. Entretanto, o ponto de conectividade de internet é somente um dos ganhos para o setor do agronegócio, já que os satélites também podem fornecer dados de imagem. Embora isso não esteja atrelado aos mecanismos da produção, ter acesso às imagens das plantações faz muita diferença na análise dos espécimes em qualquer âmbito que não necessite, necessariamente, de um especialista presencialmente no local. Esse tipo de mapa é chamado de *Normalized Difference Vegetation Index*, e embora já esteja em pleno funcionamento, a integração com os elementos da Agricultura 4.0 acelerariam o processamento dos dados.

Por mais que todas essas possibilidades tenham cada vez mais pesquisas para apurar seu benefício à agricultura brasileira, não necessariamente o país se mostra interessado somente nos ganhos da utilização de satélites estrangeiros. Embora não seja algo em curto prazo pelas próprias características da indústria brasileira, o país já sinalizou seu interesse na produção de tecnologia nacional, e não só voltada para a agricultura. Dados divulgados pela ANATEL no pré-

pandemia (2019) contabilizaram 16 redes de satélites GEO brasileiras, 37 redes de GEO estrangeiras e somente 4 redes de N GEO, ou seja, não geoestacionários.

Mesmo que o projeto não seja um LEO, o Brasil tem atualmente um projeto de satélite com tecnologia nacional, o NanosatC-BR, um nanossatélite, o segundo já produzido. Com esse passo em direção à *high-technology*, houve a participação da AEB (Agência Espacial Brasileira) e a UFSM (Universidade Federal de Santa Maria). Com o projeto os objetivos se mostram além de produzir e lançar o satélite, pois o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) busca poder aumentar a capacitação e qualidade das graduações que podem atuar no setor, assim como melhorar o aparato tecnológico envolvido nas competências aeroespaciais.

Entretanto, não são recentes os engajamentos brasileiros em produção de tecnologia. Desde 2016 há um projeto de produção de semicondutores brasileiros, porém, pelos chips serem de alta tecnologia e necessitarem de uma indústria especializada, até hoje o Brasil não conseguiu um considerável sucesso nesta área de *high technology*. Como comentado anteriormente sobre chips de satélites, o setor seria estratégico em um plano de satélites nacionais.

Por mais que ainda haja um abismo tecnológico entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, há 35 anos a China operava em uma lógica de inserção nas CGV em um *modus operandi* de “manufatura para exportação”, e se tornou a “Fábrica do Mundo”. Reconhecida por seu número altíssimo de montadoras, o que configurava uma indústria intensiva em mão de obra barata e não especializada em *high-technology*, países como EUA e Japão usufruíam da posição chinesa por longos anos. Porém, como já citado antes, por um conjunto de medidas, públicas e de conjunção internacional, a China hoje está entre os cinco países que mais produzem semicondutores, com uma indústria bem diferente do passado de ser somente a “Fábrica do Mundo”.

Por mais que estes semicondutores não sejam nem os mais caros, nem os mais tecnológicos, ainda é uma história de evolução de 35 anos, envolvendo total renovação da forma de produzir. Claro que cada país tem sua história e peculiaridades, e a forma com que o desenrolar dos fatos foram desencadeados em um Estado, nunca é regra para visualizar o outro. Porém, é de fato interessante constatar que a virada e transformação tecnológica é possível, desde que a

passagem do tempo seja respeitada e haja investimento de longo prazo, especialmente em infraestruturas necessárias.

Considerando esse cenário, em curto prazo, o Brasil pode agregar muito à sua agricultura com os já existentes LEOs estrangeiros, solucionando problemas de escopo e conectividade da internet atual no interior, o que seria uma evolução no cenário demonstrado nos mapas anteriormente. Com essa estratégia, não seria necessário esperar o desenvolvimento de tecnologias nacionais, porém, se fosse do interesse do país, o investimento nestas tecnologias poderia criar menos dependência de países desenvolvidos, com monopólio dos satélites. Em longo prazo, o Brasil pode traçar metas de especialização no setor e se engajar em competências de maior valor agregado. Paralelamente, buscar a produção de tecnologias nacionais e alcançar certa participação em setores que hoje não têm presença, não representa uma rivalização às atualizações da rede no campo e áreas isoladas.

CONCLUSÃO

"Humanity has the stars in its future, and that future is too important to be lost under the burden of juvenile folly and ignorant superstition."

Isaac Asimov

A ascensão dos satélites LEO ao Espaço Sideral foi possível graças a um conjunto de acontecimentos e avanços, que mesmo que englobem áreas distintas do saber, todas foram essenciais para sua consolidação, o que configura uma “Ótica Integrativa”. Antes da existência dos satélites LEO, todo um processo de discussões teóricas fomentou nos países preocupações que transbordaram inevitavelmente para o internacional. Competências acerca do Espaço Sideral, um local capaz de afetar a todos de forma quase indefensável, elevaram questões de segurança, principalmente com preocupações com armas nucleares, mas também cooperação, tanto científica quanto comercialmente. Pelas datas dos primeiros mecanismos internacionais acerca do Espaço serem do período de 60 à 80, uma associação com os influxos teóricos do Realismo e Liberalismo podem demonstrar as maiores pautas do *mainstream*, que permearam as Relações Internacionais, instituições e outras áreas, como o militarismo do Estado, que por sua vez contribuiu com as Doutrinas Militares Espaciais.

A abordagem técnica teve papel central no início da exploração espacial, uma vez que sem a tecnologia dos equipamentos em si, grandes engajamentos não seriam necessários, pois de fato, nunca haveria real presença no Espaço. A abordagem técnica demonstra preocupações que transcendem a política, e englobam mais engenharia, mecânica e demais competências que tornaram os satélites reais. Por outro lado, somente a consolidação dos mecanismos internacionais e a construção dos objetos não cria um ambiente funcional, pois os marcos teóricos em uma abordagem regulatória revelam a importância da uniformização e constante atualização de frequências e demais características dos satélites.

Considerando toda a situação das três abordagens anteriores, uma abordagem prática ainda é necessária, contando com o debate de desenvolvimento e subdesenvolvimento, afinal, os atores do sistema internacional não participam

de uma mesma forma da confecção dos satélites, nem possuem a mesma demanda ou poder de barganha para regulações. Por isso, uma “Ótica Integrativa” se demonstra necessária, mesmo que não delimite características próprias além de mesclar as conjunturas das abordagens. A criação e implementação dos LEO é uma dinâmica altamente interdisciplinar, onde uma abordagem não funciona sem a existência das demais.

No caso brasileiro, por exemplo, por ser um grande exportador de *commodities*, teria muito a ganhar com uma implementação dos LEO para maior automação da produção. Porém, não possui especialização na área, tampouco tem regulações nacionais atualizadas e robustas, pois não houve em sua história grande engajamento ou grandes preocupações e ameaças acerca do Espaço. Nas duas frases anteriores há referências às quatro abordagens: prática, com o cenário atual brasileiro; técnica, com a exposição da falta de especialização; regulatória, com a baixa quantificação de mecanismos nacionais regulatórios; e teórica, com uma sintetização de um passado distante o suficiente do Espaço para que grandes problemas de segurança ou projetos muito antigos de cooperação existam.

Embora haja uma clara distinção das áreas, em um cenário onde o todo, em conjuntura precisa ser analisado, ambas as quatro precisam ser postas em perspectiva. Em uma Ótica Integrativa, as especificidades das demais ainda podem ser separadas, pois naturalmente existem situações que pertençam mais à uma, que outra, mas nunca exclusivamente à uma única. Desta forma, a evolução dos LEO representarão conquistas diferentes para cada país, mas por ser um mercado novo, os países ainda em desenvolvimento e subdesenvolvimento podem tentar chegar à escada (CHANG, 2002) antes que a mesma seja chutada para longe, abandonando certa dependência forçada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRASAT. Constelações LEO/NGSO: chegou a hora para essa evolução. Novembro, 2019. Disponível em: <https://abrasat.org.br/2019/11/05/constelacoes-leo-ngso-chegou-a-hora-para-essa-evolucao/>

ABRASAT. Conectividade: como o satélite pode colaborar para a expansão do agronegócio. Outubro, 2019. Disponível em: <https://abrasat.org.br/2019/10/17/conectividade-como-o-satelite-pode-colaborar-para-a-modernizacao-e-expansao-do-agronegocio/>

ABRASAT. Satélites num marco regulatório evolutivo. Julho, 2020. Disponível em: <https://abrasat.org.br/2020/07/20/satelites-num-marco-regulatorio-evolutivo/>

ABRASAT. Satélites num marco regulatório evolutivo. Junho, 2020. Disponível em: <https://abrasat.org.br/2020/07/20/satelites-num-marco-regulatorio-evolutivo/>

ANATEL. Regulações. Atualizado em Fevereiro de 2023. Março, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/satelite/regulamentacao>

BISIO, I; MARCHESE, M. *Performance evaluation of bandwidth allocation methods in a geostationary satellite channel in the presence of internet traffic*. ELSEVIER, 2007. Disponível em: <https://www.scnl.diten.unige.it/publications/COMNET-Jan2008-PerformanceEvaluationSatelliteBandwidthAllocation.pdf>

CARDOSO, P. Mapa mostra qualidade da internet no Brasil; saiba como consultar. Techtudo, 2022. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/2022/01/mapa-mostra-qualidade-da-internet-no-brasil-saiba-como-consultar.ghtml>

CGI. História do Centro de Gestão de Internet. 2023. Disponível em: <https://www.cgi.br/historicos/>

CNN BUSINESS. *Tensions with Beijing throw spotlight on Taiwan's unique role in global tech*. Abril, 2022. Disponível em: <https://edition.cnn.com/2022/04/06/tech/taiwan-china-conflict-impact-tsmc-chips-hnk-intl/index.html>

CST. LEO IOT Satellite. [s.d.]. Disponível em: <https://www.cst.gov.sa/en/ntn/Pages/5gnbiot.aspx>

DENG. A DEMOCRATIZAÇÃO DE TAIWAN E SUAS IMPLICAÇÕES NAS RELAÇÕES COM OS ESTADOS UNIDOS E COM A CHINA. UFRJ, 2012.

EFFORTECH. Como funciona a comunicação via satélite?. Effortech Technology, 2021. Disponível em: [https://effortech.com.br/blog/como-funciona-a-comunicacao-via-](https://effortech.com.br/blog/como-funciona-a-comunicacao-via-satelite/#:~:text=Os%20Satélites%20Geoestacionários%20ficam%20estáticos,televisão%20e%20internet%20via%20satélite)

[satelite/#:~:text=Os%20Satélites%20Geoestacionários%20ficam%20estáticos,televisão%20e%20internet%20via%20satélite](https://effortech.com.br/blog/como-funciona-a-comunicacao-via-satelite/#:~:text=Os%20Satélites%20Geoestacionários%20ficam%20estáticos,televisão%20e%20internet%20via%20satélite)

EMBRAPII. Projetos EMBRAPII: Satélites. [s.d.]. Disponível em: <https://embrapii.org.br/projetos-embrapii/satelite/>

ESA. *Types of Orbits*. 2020. Disponível em: https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits#MEO

ESA. *New space semiconductor*. [s.d.] Disponível em: https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Proba_Missions/New_space_semiconductor

ESA. *Space Chips*. [s.d.] Disponível em: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/04/Smart_chips_for_space

FREITAS, F. Starlink revela promoção no Brasil e desconto em equipamento. Tecnoblog, 2023. Disponível em: [https://tecnoblog.net/noticias/2023/05/11/starlink-revela-promocao-no-brasil-e-desconto-em-](https://tecnoblog.net/noticias/2023/05/11/starlink-revela-promocao-no-brasil-e-desconto-em-equipamento/#:~:text=A%20Starlink%2C%20servi%C3%A7o%20de%20internet,do%20kit%20para%20R%24%201.000)

[equipamento/#:~:text=A%20Starlink%2C%20servi%C3%A7o%20de%20internet,do%20kit%20para%20R%24%201.000](https://tecnoblog.net/noticias/2023/05/11/starlink-revela-promocao-no-brasil-e-desconto-em-equipamento/#:~:text=A%20Starlink%2C%20servi%C3%A7o%20de%20internet,do%20kit%20para%20R%24%201.000)

HOGAN, M; HUFBAUER, G. *Major semiconductor producing countries rely on each other for different types of chips*. PIIE, Outubro. 2022. Disponível em: <https://www.piie.com/research/piie-charts/major-semiconductor-producing-countries-rely-each-other-different-types-chips>

IBGE. 90% dos lares brasileiros já tem acesso à internet no Brasil, aponta pesquisa. 2022. Disponível em: [https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2022/setembro/90-dos-lares-brasileiros-ja-tem-acesso-a-](https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2022/setembro/90-dos-lares-brasileiros-ja-tem-acesso-a-internet-no-brasil-aponta-pesquisa)

[internet-no-brasil-aponta-pesquisa](https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2022/setembro/90-dos-lares-brasileiros-ja-tem-acesso-a-internet-no-brasil-aponta-pesquisa)

IBGE. População brasileira chega a 213,3 milhões de habitantes, estima IBGE. 2022. Disponível em: [https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2021/08/populacao-brasileira-chega-a-213-3-milhoes-de-habitantes-estima-](https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2021/08/populacao-brasileira-chega-a-213-3-milhoes-de-habitantes-estima-ibge#:~:text=Popula%C3%A7%C3%A3o%20brasileira%20chega%20a%20213%20milhoes)

[ibge#:~:text=Popula%C3%A7%C3%A3o%20brasileira%20chega%20a%20213%](https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2021/08/populacao-brasileira-chega-a-213-3-milhoes-de-habitantes-estima-ibge#:~:text=Popula%C3%A7%C3%A3o%20brasileira%20chega%20a%20213%20milhoes)

[2C3%20milh%C3%B5es%20de%20habitantes%2C%20estima%20IBGE,-
O%20levantamento%20aponta&text=A%20popula%C3%A7%C3%A3o%20brasi
leira%20chegou%20a,1%C2%BA%20de%20julho%20de%202021](https://www.ibge.gov.br/indicadores-demograficos/default.aspx?lang=pt-br&editacao=1)

ICHIKAWA, T; SAITO, K; IWATANI, J; OTSUKI, S. ITU World Radiocommunication Conference (WRC-19) Report. NTT, 2019. Disponível em: <https://www.ntt-review.jp/archive/ntttechnical.php?contents=ntr202005gls.html>

INPE. Objetivos Gerais NanosatC-BR. Julho, 2021. Disponível em: <http://www.inpe.br/sul/nanosat/objetivos.php>

ITU. World Radiocommunication Conferences (WRC). [s.d.]. Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-R/conferences/wrc/Pages/default.aspx>

ITU. WRS-22: *Regulation of satellites in Earth's orbit*. ITU News, 2023. Disponível em: <https://www.itu.int/hub/2023/01/satellite-regulation-leo-geo-wrs/>

ITU. *ITU and space: Ensuring interference-free satellite orbits in LEO and beyond*. ITU News. 2022. Disponível em: <https://www.itu.int/hub/2022/02/itu-space-interference-free-sate>

ITU.WRS-22: *Regulation of satellites in Earth's orbit*. 2023. Disponível em: <https://www.itu.int/hub/2023/01/satellite-regulation-leo-geo-wrs/>

ITU. *RESOLUTION 811 (WRC-19) Agenda for the 2023 World Radiocommunication Conference*. 2019. Disponível em: https://www.fcc.gov/sites/default/files/wrc-23_agenda.pdf

KEOHANE, R; NYE, J. *Power and Interdependence*. Longman, 4ª Edição. 2012. Disponível em: [https://pages.ucsd.edu/~bslantchev/courses/ps240/05%20Cooperation%20with%20States%20as%20Unitary%20Actors/Keohane%20&%20Nye%20-%20Power%20and%20interdependence%20\[Ch%201-3\].pdf](https://pages.ucsd.edu/~bslantchev/courses/ps240/05%20Cooperation%20with%20States%20as%20Unitary%20Actors/Keohane%20&%20Nye%20-%20Power%20and%20interdependence%20[Ch%201-3].pdf)

LING, P. *Putting 5G in space for the massive IoT*. AVNET, 2023. Disponível em: <https://www.avnet.com/wps/portal/us/resources/article/putting-5g-in-space-for-the-massive-iot/>

LUPTON, D. *On Space Warfare: A Power Space Doctrine*. Air University Press, Maxwell Air Force Base, Alabama. 1ª Edição. 1998.

MARCHESE, M; MOHEDDINE, A; PATRONE, F. *IoT and UAV Integration in 5G Hybrid Terrestrial-Satellite Networks*. MDPI, University of Genoa. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/17/3704>

MORGENTHAU, H. A Política das Nações. Editora Universidade de Brasília, 1ª Edição. 2003. Disponível em:

https://funag.gov.br/loja/download/0179_politica_entre_as_nacoes.pdf

NIC.BR. Mapa de Qualidade da Internet Análises Metodologia. [s.d.]. Disponível em: <https://qualidadedainternet.nic.br/>

NPERF. Mapa de cobertura 3G / 4G / 5G Vivo Mobile a Rio de Janeiro, Brazil. [s.d.]. Disponível em: <https://www.nperf.com/pt/map/BR/3451190.Rio-de-Janeiro/161704.Vivo-Mobile/signal/?ll=-22.829805325783475&lg=-43.2635242272289&zoom=9>

ONITETTE, O; OADIR, J; IMRAN, M; SATHIASEELAN, A. *Will 5G See its Blind Side? Evolving 5G for Universal Internet Access*. ACM Digital Library, 2016. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2940157.2940158>

ONU. *Declaration of Legal Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space*. 1962. Disponível em: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/principles/legal-principles.html>

ONU. *Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies*. 1966. Disponível em: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introouterspacetreaty.html>

ONU. Tratado sobre a Não-Proliferação de Armas Nucleares. 1968. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2864.htm

ONU. *Declaration on International Cooperation in the Exploration and Use of Outer Space for the Benefit and in the Interest of All States, Taking into Particular Account the Needs of Developing Countries*. 1982. Disponível em: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/principles/space-benefits-declaration.html>

ONU. *Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies*. 1979. Disponível em: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/intromoon-agreement.html>

PIXFORCE. O que são e como funcionam os satélites artificiais. Julho, 2022. Disponível em: <https://www.pixforce.com.br/post/o-que-s%C3%A3o-e-como->

[funcionam-os-sat%C3%A9lites-artificiais#:~:text=Um%20sat%C3%A9lite%20geoestacion%C3%A1rio%20se%20move,p%C3%B3lo%2C%20de%20norte%20a%20sul](#)

POSSEBON, S. Brasil pode provocar UIT sobre posição para satélites LEO. Teletime, Março. 2020. Disponível em: <https://teletime.com.br/22/03/2022/brasil-pode-provocar-uit-sobre-posicao-para-satelites-leo/>

ROSTOW, W. As Etapas do Desenvolvimento Econômico. Editora Zahar, 2ª Edição. 1978

ROTTER, A. *International Security and the Space Domain: Applying Traditional Theories of International Relations on the Astropolitical Environment*. Graduate School of The University of Alabama, 2020.

STATISTA. *Number of satellites in orbit by major country as of April 30, 2022*. 2022. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/264472/number-of-satellites-in-orbit-by-operating-country/>

TIKHOVINSKIY, V; KOVAL, V. *Prospects of 5gG Satellites Networks Development*. Capítulo 5. In: *Moving Broadband Mobile Communications Forward*. IntechOpen, 2021. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=hIc_EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA83&dq=5g+internet+satellite&ots=qlATjY-agh&sig=01ebCz9hc7chjoFH_HcpuiDiiA4#v=onepage&q=5g%20internet%20satellite&f=false

VIANA, P. Nova tecnologia de satélites pode revolucionar a distribuição de internet na Terra. Aeroflap, 2017. Disponível em: <https://www.aeroflap.com.br/nova-tecnologia-de-satelites-pode-revolucionar-distribuicao-de-internet-na-terra/>

VIASAT. GEO Satellites: Viasat's GEO satellites deliver bandwidth where it's needed most. [s.d.] Disponível em: <https://www.viasat.com/space-innovation/space-systems/geo-satellites/>

WEISSBERGER, A. *CC proposes regulatory framework for space-mobile network operator collaboration*. IEEE ComSoc. 2023. Disponível em: <https://techblog.comsoc.org/2023/03/20/fcc-proposes-regulatory-framework-for-space-mobile-network-operator-collaboration/>

YANG, D; ZHOU, Y; HUANG, W; ZHOU, H. *5G mobile communication convergence protocol architecture and key technologies in satellite internet of things system*. Alexandria Engineering Journal, Volume 60, Issue 1, February 2021.

Disponível

em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016820304737>