



MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA
POLÍCIA FEDERAL - DITEC
SERVIÇO DE GEOMÁTICA - SEGEO/DITEC/PF

NOTA TÉCNICA Nº 1/2025-SEGEO/DITEC/PF

PROCESSO Nº 08059.000562/2024-75

INTERESSADO: SERVIÇO DE GEOMÁTICA - SEGEO/DITEC/PF, DIRETORIA TÉCNICO-CIENTÍFICA - DITEC/PF, MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA - MJSP

DISPONIBILIDADE MUNDIAL DE SATÉLITES ATIVOS DE OBSERVAÇÃO DA TERRA

1. OBJETIVO

1.1. Realizar levantamento das diversas constelações de satélites de observação da terra (sensoriamento remoto) existentes e suas características, como forma de delimitar as soluções disponíveis no mercado e fundamentar o Estudo Técnico Preliminar da contratação.

2. MOTIVAÇÃO

2.1. O Projeto Brasil M.A.I.S. prevê a contratação de diversas soluções de fornecimento de imagens e dados satelitais para apoio ao monitoramento e consciência situacional por sensoriamento remoto, dentre essas soluções, evidenciam-se a de fornecimento contínuo de imagens de alta resolução de todo território nacional, com resolução temporal diária, e fornecimento de imagens de altíssima resolução (< 1 m) sob demanda.

2.2. Para levantamento de mercado para a contratação é necessário conhecer quais são as empresas no mundo que detêm constelações de satélites de observação da terra (sensoriamento remoto) e quais as suas características, de forma a subsidiar o Estudo Técnico Preliminar da contratação.

3. ENTENDIMENTOS

3.1. Para classificação da resolução espacial em baixa, média, alta e altíssima será utilizada a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação da resolução espacial.

TAMANHO DO PIXEL (PONTO)	CLASSIFICAÇÃO DA RESOLUÇÃO
< 1 metro	Altíssima, muito alta ou submétrica
≥ 1 e < 5 metros	Alta
> 5 e < 30 metros	Média
≥ 30 metros	Baixa

Fonte: Elaborada com base em Dixon, 2016 (p.84) e Shamsi, 2005 (p. 53).

3.2. O presente estudo analisa dados cadastrais e orbitais de dezenas de milhares de artefatos espaciais, exigindo filtragens eficientes para descartar constelações de satélites que não atendem aos requisitos básicos da contratação: órbita baixa, imageamento óptico, resolução espacial melhor que 5 metros e cobertura diária de todo o Brasil. Uma das filtragens mais eficazes é a verificação do número mínimo de satélites necessários para cumprir essas premissas. Para imagear um país extenso como o Brasil, especialmente no sentido longitudinal, uma constelação de satélites ópticos de órbita baixa precisa contar com uma quantidade mínima de unidades operacionais. Esse número varia conforme o **swath** (largura da faixa imageada pelo sensor do satélite) e o período orbital (tempo necessário para completar

uma órbita ao redor da Terra). Além disso, satélites com a mesma resolução espacial, mas com diferentes valores de **swath**, possuem custos distintos. Quanto maior o **swath**, mais avançada e cara será a câmera (e seu conjunto óptico), assim como mais pesado e custoso será o processamento e o downlink dos dados obtidos. Dessa forma, uma constelação composta por nanosatélites com câmeras de menor custo exigirá um número significativamente maior de unidades para cobrir o território nacional do que uma constelação baseada em grandes satélites com sensores de alto desempenho.

3.3. A Nota Técnica nº 2/2025-SEGEO/INC/DITEC/PF (SEI nº 40439845), apresenta diversas simulações nesse sentido. Uma dessas simulações estabelece a quantidade menor possível de satélites utilizando configurações/parâmetros que seriam de alto custo (resolução de 5m, swath de 111km e um período orbital de 100,6 minutos), resultando em, pelo menos, **26 satélites operacionais, perfeitamente espaçados entre si e imageando continuamente sobre o território nacional**. Utilizando o algoritmo no artigo. Cabe ressaltar que se trata de um número conservador e teórico que visa instituir um critério preliminar para reduzir significativamente o universo de satélites e, ao mesmo tempo, não excluir indevidamente quaisquer famílias. Assim, eventuais constelações que tenham 26 satélites de custo "menor" não conseguirão cumprir o objetivo de imagear o Brasil em um único dia, mas serão tratadas por passos subsequentes contidos no presente estudo.

3.4. Esta nota técnica limitar-se-á a realizar o levantamento e a apontar as constelações existentes e que atendam os requisitos de revisita e cobertura com imagens ópticas de alta resolução, não realizando qualquer julgamento adicional em relação ao atendimento ou não dos requisitos de negócio da futura contratação.

4. FUNDAMENTAÇÃO LEGAL

4.1. O art. 6º, inciso XXIII, da Lei nº 14.133, de 2021, define o Termo de Referência como documento necessário para a contratação de bens e serviços, e que deve conter, entre outras:

- a) a fundamentação da contratação, que consiste na referência aos estudos técnicos preliminares correspondentes; e
- b) a forma e critérios de seleção do fornecedor.

5. METODOLOGIA

5.1. Foram utilizadas informações de duas bases de dados – SATCAT/Celestrak e GCAT, que foram conciliadas utilizando os identificadores NORAD (Comando de Defesa Aeroespacial Norte-Americano) e processadas através de algoritmos computacionais para gerar os dados utilizados nas conclusões.

6. ANÁLISE

6.1. Em busca na Internet foram localizados dois sítios estrangeiros com bases de dados de satélite confiáveis:

a) "Celestrak", mantido pelo Centro para Padrões Espaciais e Inovação (CSSI) da empresa "Analytical Graphics, Inc." (AGI). Esse sítio existe desde 1985 e seu catálogo de satélites (SATCAT) mantém o registro de todos os artefatos orbitando a Terra desde o primeiro da história, que foi o estágio final do foguete Sputnik, que, em 1957, lançou os satélites Sputnik 1 e Sputnik 2 (CSSI, 2025a).

No sítio "CELESTRAK", pode ser realizado o download do catálogo SATCAT (CSSI, 2025b) em formato texto, ressaltando que essa base foi **atualizada em 12 de maio de 2025**. A base SATCAT conta com **63.780 artefatos espaciais** e é formatada com campos de largura fixa, cuja documentação, no idioma original em Inglês, foi juntada ao processo (40439830).

b) "General Catalog of Artificial Space Objects (GCAT)", que é uma base de dados mantida por Jonathan C. McDowell para geração do "Jonathan's Space Report" (MCDOWELL, 2025a).

No sítio "JONATHAN'S SPACE REPORT", pode ser realizado o download do catálogo SATCAT/GCAT (MCDOWELL, 2025b) em formato texto, ressaltando que essa base foi **atualizada em 26 de maio de 2025**. A base SATCAT/GCAT

conta com 63.389 artefatos espaciais e é formatada com campos de largura fixa, cuja documentação, no idioma original em Inglês, foi juntada ao processo (40439830). Por questão de integridade dos dados, filtramos na origem por aqueles que possuam o campo "Piece" diferente de "-", que significa filtrar apenas artefatos espaciais que possuam uma designação internacional COSPAR, resultando em **63.378 artefatos espaciais**.

6.2. Toda a análise de dados foi realizada utilizando-se a ferramenta "Jupyter Notebook" e a linguagem de programação "Python", sendo o referido documento em formato "nb" (40439837) e em formato PDF (46687587) anexados ao presente processo.

6.3. Inicialmente foi realizada a leitura das duas bases de dados (passos 2.1 e 2.2) que foram conciliadas (passo 2.3) utilizando o identificador NORAD (Comando de Defesa Aeroespacial Norte-Americano) como referência, tendo a tabela SATCAT como referência, resultando em uma tabela com **63.782 artefatos/satélites** (1 a mais que a tabela de referência por termos 1 código NORAD repetido na base GCAT, mas como não se trata de satélite, e sim, de estágios de foguete, esse foi eliminado nas filtrações deste estudo), sendo esse o universo considerado nesse estudo, que contém, para cada artefato/satélite da base SATCAT, os respectivos atributos da base GCAT quando existentes.

6.4. No passo 3.1, o campo de código de estado operacional é preenchido com "?" para valores ausentes.

6.5. Em seguida, são adicionados os seguintes campos:

- a) "*Class of Orbit*" (passo 3.2): preenchido com os valores LEO, MEO, GEO ou *Elliptical* conforme a altitude do perigeu e do apogeu da órbita do satélite (GEOINOVA, 2024);
- b) "Family", "SubFamily" (passo 3.3): preenchidos com a família e subfamília do satélite; e
- c) "NameOwner" (passo 3.4): preenchido com a junção da Família, Subfamília e País do satélite.

6.6. A partir dessa base mais conforme, são realizadas filtrações sucessivas conforme critérios específicos:

6.6.1. APENAS POR SATÉLITES (passo 4.1): filtro pelo campo OBJECT_TYPE para o tipo "PAY", que significa *Payload*, ou seja, a carga útil, no caso, o satélite, resultando em **21.319 satélites**.

6.6.2. APENAS OPERACIONAIS (passo 4.2): filtro por código de estado operacional ("Operational Status Code") ativo do satélite, resultando em **11.835 satélites**. Vale ressaltar que satélites, cujo código de estado operacional não foi informado, foram assumidos como ativos e incluídos na lista. A Tabela 2 traz a totalização de satélites por país, mostrando que os EUA detêm 72% de todos os satélites ativos do mundo.

Tabela 2: Países com satélites ativos de qualquer categoria

#	País	Total
1	USA	8519
2	China	1057
3	United Kingdom	694
4	Russia	308
5	Japan	110
...
97	Philippines	1
98	Senegal	1
99	Singapore	1
100	Turkmenistan/Monaco	1
101	Zimbabwe	1

6.6.3. APENAS ÓRBITA BAIXA (passo 4.3): filtro por classe de órbita ("Class of Orbit") sendo LEO, pela própria característica do imageamento necessário, resultando em **10.890 satélites**.

6.6.4. APENAS LANÇADOS A PARTIR DE 2010 (passo 4.4): filtro pela data de lançamento ("Launch Date"), removendo os satélites com mais de 15 anos de operação (com tecnologia muito antiga), resultando em **10.716 satélites**. A Tabela 3 traz a totalização desses satélites, por país e por família, apresentando apenas as famílias que possuam mais de 26 satélites (número mínimo de satélites que qualquer constelação deve possuir de acordo com o item 3.3). Assim, pode ser notado que a maior família de satélites do mundo é a STARLINK/SpaceX (satélites de telecomunicações), seguida pela ONEWEB/OneWeb (satélites de telecomunicações), OBJECT/USA/YAOGAN (satélites militares/inteligência da China, Estados Unidos e China, respectivamente) e, em sexto lugar, a família FLOCK/Planet (satélites de observação da terra).

Tabela 3: Famílias de satélites de órbita baixa, recentes (a partir de 2010) e com mais de 26 satélites operacionais.

#	País	Família	Total
1	US	STARLINK	7337
2	UK	ONEWEB	651
3	US	USA	224
4	PRC	OBJECT	168
5	PRC	YAOGAN	147
6	US	FLOCK	112
7	PRC	QIANFAN	90
8	US	IRIDIUM	80
9	TBD	OBJECT	71
10	PRC	JILIN	69
11	US	LEMUR	57
12	CIS	COSMOS	55
13	CIS	SITRO	38
14	PRC	HULIANWANG	34
15	US	HAWK	33
16	PRC	GAOFEN	32
17	PRC	GEESAT	30
18	US	KUIPER	27

Fonte: Processamento a partir de (CSSI, 2025b) e (MCDOWELL, 2025b).

6.6.5. REMOÇÃO DOS SATÉLITES SECRETOS, ESPIÕES, OBSCUROS ETC. (passo 4.5): foram removidos os satélites secretos, espões ou obscuros das seguintes famílias, resultando em **9.993 satélites**:

OBJECT: Satélites de inteligência, militares, espões que não apresentam qualquer informação relevante ao público

USA: Satélites militares/inteligência dos EUA

YAOGAN: Constelação de satélites militares/inteligência da China

COSMOS: Satélites militares/inteligência da Rússia

SHIYAN: Satélites experimentais secretos da China

6.6.6. REMOÇÃO DOS SATÉLITES DE TELECOMUNICAÇÕES, RASTREAMENTO E POSICIONAMENTO: foram removidas os satélites pertencentes a reconhecidas famílias de satélites de

telecomunicações (COM, DTC, IoT etc.), rastreamento (AIS) e posicionamento (GPS, GNSS etc.):

- STARLINK: <https://www.starlink.com/>
- ONEWEB: <https://oneweb.net/>
- IRIDIUM: <https://www.iridium.com/>
- GLOBALSTAR: <https://www.globalstar.com/pt-br>
- ORBCOMM: <https://www.orbcomm.com/pt>
- STARLINK DTC: <https://www.starlink.com/br/business/direct-to-cell>
- GONETS: <https://gonets.ru/eng/> (GPS)
- LEMUR: <https://spire.com/spirepedia/low-earth-multi-use-receiver/> (AIS)
- HAWK: <https://www.he360.com/>
- SPACEBEE: <http://www.swarm.space/>
- QIANFAN: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Qianfan>
- SITRO: <https://sputnix.ru/en/satellites-sputnix/in-orbit/sitronics-ais> (AIS)
- HULIANWANG: https://space.skyrocket.de/doc_sdat/hjs.htm
- GEESAT: https://space.skyrocket.de/doc_sdat/geesat-1.htm
- KINEIS: <https://www.kineis.com/>
- TIANQI: <https://www.nanosats.eu/sat/tianqi.html>

Após a remoção das famílias acima, a lista foi reduzida a **1.511 satélites**, com totalização conforme Tabela 4.

Tabela 4: Famílias de satélites operacionais, de órbita baixa, recentes (a partir de 2010), de uso civil/comercial/dual e de observação da Terra.

#	País	Família	Total
0	US	FLOCK	112
1	PRC	JILIN	69
2	PRC	GAOFEN	32
3	FIN	ICEYE	22
4	ARGN	NUSAT	21
...
660	US	WORLDVIEW	1
661	US	WSF	1
662	US	XCUBE	1
663	VTNM	VNREDSAT	1
664	ZWE	ZIMSAT	1

Fonte: Processamento a partir de (CSSI, 2025b) e (MCDOWELL, 2025b).

6.6.7. REMOÇÃO DE SATÉLITES NÃO ÓPTICOS (passo 4.7): foram removidos os satélites de famílias notadamente não ópticas (radar, meteorológico etc.), resultando na Tabela 5.

Tabela 5: 20 maiores famílias de satélites, com seu tamanho e respectivo país.

	País	Família	Total
1	US	FLOCK	112
2	PRC	JILIN	69
3	PRC	GAOFEN	32
4	ARGN	NUSAT	21
5	PRC	YUNHAI	18
6	PRC	CENTISPACE	15
7	PRC	TIANHUI	15
8	SWTZ	ASTROCAST	15
9	US	SKYSAT	15
10	IT	ION	14
11	FR	BRO	13
12	TURK	CONNECTA	13
13	IT	PICO	11

	País	Família	Total
14	US	AEROCUBE	11
15	US	GLOBAL	11
16	PRC	DONGPO	10
17	PRC	NINGXIA	10
18	PRC	SJ	10
19	PRC	SUPERVIEW	10
20	US	WILDFIRE	10

Fonte: Processamento a partir de (CSSI, 2025b) e (MCDOWELL, 2025b).

6.6.8. FAMÍLIAS COM MAIS DE 26 SATÉLITES (passo 4.9): nesse passo, vamos utilizar a quantidade mínima de **26 satélites** (item 3.3) e vamos considerar também as subfamílias, pois são de características e aplicação distinta umas das outras. Assim, a Tabela 6 apresenta as famílias e subfamílias com mais de 26 satélites.

Tabela 6: Famílias de satélites, e respectivo país, com mais de 26 satélites.

	País	Família	Subfamília	Total
1	US	FLOCK		112
2	PRC	JILIN	GAOFEN	49
3	PRC	GAOFEN		32
TOTAL DE SATÉLITES				193

Fonte: Processamento a partir de (CSSI, 2025b) e (MCDOWELL, 2025b).

6.7. Por fim, foi realizada uma análise dos dados apenas das três famílias/subfamílias remanescentes: JILIN-1, GAOFEN e FLOCK (item 6).

6.8. **JILIN-1 (item 6.1)**

Fontes:

- Oficial: <http://www.jl1.cn/EWeb/product2.aspx?tid=33&id=23>
- Operadora: <https://www.omeospace.com/>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Jilin-1>
- https://space.skyrocket.de/doc_sdat/jilin-1-gaofen-06a.htm
- https://space.skyrocket.de/doc_sdat/jilin-1-gaofen-02a.htm
- https://space.skyrocket.de/doc_sdat/jilin-1-gaofen-03a.htm

Devem ser excluídos da constelação para o presente estudo:

- JILIN-1 01 a JILIN-1 10: satélites para vídeo
- JILIN-1 GUANGPU: satélites hiperspectrais
- JILIN-1 GUANGXUE: satélite óptico para videoimageamento
- JILIN-1 LQSAT: satélite de verificação
- JILIN-1 MOFANG: satélite para videoimageamento
- JILIN-1 HONGWAI: infravermelho
- JILIN-1 PINGTAI: plataforma adaptável para sensoriamento remoto, comunicações e navegação.
- JILIN-1 SAR-01A-01: radar
- JILIN-1 GAOFEN 3C (NIGHTVISION): video

Devem permanecer para maior análise, caso possuam mais do que o mínimo de satélites necessários em suas respectivas constelações:

- JILIN-1 GAOFEN (DAILYVISION): satélites de altíssima resolução. É uma constelação diferente da constelação do Programa GAOFEN de monitoramento ambiental e provável uso dual (militar/civil). As resoluções da banda PAN e das bandas multiespectrais variam conforme a série 02A/B/C/D/E/F, 03A/B/C/D, 04A/B, 05A/B e 06A, sendo:
 - GAOFEN 2A-F: 0.75m PAN e 3m MSI, com swath de 40km
 - GAOFEN 3A-B: 1m PAN e 4m MSI, com swath de 17km
 - GAOFEN 3D: 0.75m PAN e 3m MSI, com swath de 17km
 - GAOFEN 6A: 0.75m PAN e 3m MSI, com swath de 18km
- JILIN-1 KUANGFU 01/-01B/-01C : satélites de banda larga (grande angular) com resolução de 4m.
- JILIN-1 KUANGFU 02A/02B-01 a 02B-06: satélites de banda larga (grande angular) com resolução de 0.5m.

6.8.1. Após os ajustes apontados no quadro acima, a Tabela 7 apresenta os quantitativo de satélites por Subfamília, Família e País (ajustado-2).

Tabela 7: Quantitativo de satélites por Subfamília, Família e País (ajustado-2).

#	País	Família	Subfamília	Total
1	PRC	GAOFEN		32
2	PRC	JILIN	GAOFEN	48
3	US	FLOCK		112

Fonte: Processamento a partir de (CSSI, 2025b) e (MCDOWELL, 2025b).

6.9. GAOFEN (item 6.2)

Fonte: <https://en.wikipedia.org/wiki/Gaofen>

É uma série de satélites chineses de alta resolução, que fazem parte do programa CHEOS (China Earth Observation System), que é um programa de observação da terra civil com patrocínio estatal. "Apesar dos primeiros 7 GAOFEN e seus payloads terem sido profundamente detalhados, pouco ou nenhum detalhe foi revelado a partir do GAOFEN 8, levando a suposições de que os satélites GAOFEN podem ser de uso dual (militar e civil)".

Devem ser excluídos da constelação para o presente estudo:

- GAOFEN 3/3-02/3-03: radar banda C
- GAOFEN 5/5-02/5-01A: hiperespectral
- GAOFEN 6: multiespectral
- GAOFEN 10 e 10R: desconhecido
- GAOFEN 12/12-02/12-03/12-04/12-05: radar SAR
- GAOFEN 13/13-02: geoestacionário - 50m e infravermelho

6.9.1. Após os ajustes apontados no quadro acima, a Tabela 8 apresenta os quantitativo de satélites por Subfamília, Família e País (ajustado-3).

Tabela 8: Quantitativo de satélites por Subfamília, Família e País (ajustado-2).

#	País	Família	Subfamília	Total
1	PRC	GAOFEN		21
2	PRC	JILIN	GAOFEN	48
3	US	FLOCK		112

Fonte: Processamento a partir de (CSSI, 2025b) e (MCDOWELL, 2025b).

6.9.2. Após a exclusão dos satélites destacados acima, o quantitativo da família GAOFEN ficou inferior ao mínimo. Assim, **a família GAOFEN será excluída do estudo**. As famílias JILIN e FLOCK permanecem pois possuem mais que 26 satélites. Ressalte-se que "Gaofen" e "Jilin Gaofen" se referem a duas famílias diferentes - o termo "GAOFEN" significa "[de] Alta Resolução", podendo ser usado de forma específica (nome próprio) ou genérica (locução adjetiva).

6.10. **FLOCK**

6.10.1. Como todos os satélites da família FLOCK formam uma única constelação de mesmo tipo (PLANET, 2025), não há necessidade de retirar desse grupo satélites de finalidade diversa como no item 6.9.

6.11. As famílias/subfamílias de satélites que atenderam todos os filtros e ajustes até este ponto da análise estão representadas na Tabela 9.

Tabela 9: Quantitativo de satélites por Subfamília, Família e País que atenderam os filtros e o limite mínimo genérico de 26 satélites.

#	País	Família	Subfamília	Total
2	PRC	JILIN	GAOFEN	48
3	US	FLOCK		112

Fonte: Processamento a partir de (CSSI, 2025b) e (MCDOWELL, 2025b).

6.12. **VALIDAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS (passo 6.3)**

6.12.1. Chegando a um número reduzido de famílias potencialmente capazes de atender os requisitos mínimos aceitáveis, o último passo é a validação do número mínimo de satélites conforme as características específicas dos seus sensores. Em relação a isso, é importante relembrar que o número mínimo de 26 satélites é muito conservador e leva em consideração uma resolução de 5m, swath de 111km e um período orbital de 100,6 minutos. Esses parâmetros são genéricos e sua variação influencia fortemente no número mínimo de satélites. Na Tabela 10 são apresentados os parâmetros de resolução

espacial e swath, enquanto o parâmetro de período orbital é fornecido pela base Celestrak (CSSI, 2025b).

Tabela 10: Parâmetros resolução espacial e swath específicos dos satélites conforme Família, Subfamília e Modelo.

Família/Subfamília/Modelo	Resolução espacial	Swath
JILIN-1 GAOFEN 2A-F	0.75m PAN e 3m MSI	40 km
JILIN-1 GAOFEN 3A-B	1m PAN e 4m MSI	17 km
JILIN-1 GAOFEN 3D	0.75m PAN e 3m MSI	17 km
JILIN-1 GAOFEN 6A	0.75m PAN e 3m MSI	18 km
FLOCK	3.7 m MSI	32,5 km

Fonte: Nota Técnica nº 2/2025-SEGEO/INC/DITEC/PF (SEI nº 40439845)

6.12.2. Para garantir que as constelações tenham capacidade teórica de realizar o imageamento do Brasil em um único dia, aplicamos a fórmula apresentada na Nota Técnica nº 2/2025-SEGEO/INC/DITEC/PF (SEI nº 40439845), conforme Figura 1, usando os **parâmetros swath e período orbital específicos** de cada satélite das constelações.

Figura 1: Fórmula e parâmetros necessários para cálculo do número de satélites necessários ao imageamento na região equatorial.

$$v_{equador} = \frac{2\pi R_{equador}}{86400s}$$
$$d_{equador} = v_{equador}P$$
$$f = \frac{L}{d_{equador}}$$
$$N = \left\lceil \frac{1}{f} \right\rceil$$

L : swath ao longo da órbita

R_{equador} : raio da Terra no equador

v_{equador} : velocidade orbital linear no equador

d_{equador} : deslocamento do ponto nadir ao longo do equador após uma órbita

P : período orbital do satélite

f : fração do equador coberta por um satélite

N : quantidade mínima de satélites para cobertura integral.

6.12.3. Como o período orbital tem variação de satélite para satélite, o resultado do processamento acima gera variações dentro da mesma família e subfamília, conforme está apresentado na Tabela 11.

Tabela 11: Grupos de satélites de mesmo swath e período orbital, com mínimo de satélites e quantidade existente, por subfamília, família e país.

#	País	Família	Subfamília	Mínimo de satélites para cobertura diária	Quantidade existente de satélites
1	PRC	JILIN	GAOFEN	66	1
2	PRC	JILIN	GAOFEN	67	3

#	País	Família	Subfamília	Mínimo de satélites para cobertura diária	Quantidade existente de satélites
3	PRC	JILIN	GAOFEN	144	1
4	PRC	JILIN	GAOFEN	151	1
5	PRC	JILIN	GAOFEN	152	3
6	PRC	JILIN	GAOFEN	153	7
7	PRC	JILIN	GAOFEN	154	27
8	PRC	JILIN	GAOFEN	155	5
9	US	FLOCK		80	15
10	US	FLOCK		81	63
11	US	FLOCK		82	34

Fonte: Processamento a partir de (CSSI, 2025b), (MCDOWELL, 2025b) e dados da Tabela 10.

6.12.4. Como temos pequenas variações do período orbital entre satélites da mesma família, obtivemos muitos grupos com pequena diferença no número de satélites entre eles. Assim, usamos k-means e silhouete-score para encontrar a melhor quantidade e os melhores agrupamentos de quantitativos mínimos de satélites, resultando na Tabela 12.

Tabela 12: Mínimo agrupado de satélites e quantidade existente por subfamília, família e país.

#	País	Família	Subfamília	Mínimo agrupado de satélites para cobertura diária	Quantidade existente de satélites	% existente/necessário
1	PRC	JILIN	GAOFEN	67	4	5%
2	PRC	JILIN	GAOFEN	154	44	28%
3	US	FLOCK		81	112	138%

Fonte: Processamento a partir de (CSSI, 2025b), (MCDOWELL, 2025b) e dados da Tabela 10.

6.12.5. Como pode ser verificado na Tabela 12, os dois grupos de satélites da família JILIN-1 GAOFEN não possuem quantidade de satélites necessária para imageamento diário, considerando sempre que devem realizá-lo dentro de mesmos parâmetros de aquisição.

6.13. A Tabela 13 apresenta um detalhamento dos satélites da família FLOCK, que foi a única a possuir mais satélites do que o mínimo necessário para cobertura diária do Brasil.

Tabela 13: Detalhamento dos satélites da família FLOCK

	Família	Série	Ano	Total
1	FLOCK	4B	2024	35
2	FLOCK	4G	2025	35
3	FLOCK	4Q	2023	28
4	FLOCK	4Y	2023	14

Fonte: Processamento a partir de (CSSI, 2025b), (MCDOWELL, 2025b)

7. CONCLUSÃO

7.1. A partir da Tabela 10, e considerando que a família FLOCK pertence à empresa "Planet Labs Inc." (EOPORTAL, 2025), é possível concluir alguns pontos relevantes para esse estudo, **no contexto considerado:**

a) a empresa norte-americana "Planet Labs Inc." possui o maior número de satélites (112) seguido de famílias de satélites chinesas com 48 e 21 satélites em suas constelações; e

b) a família em segundo lugar na quantidade de satélites possui menos de 43% da quantidade de satélites da empresa Planet Labs Inc..

7.2. A informação de que a constelação PlanetScope da Planet Labs Inc. é a maior entre os satélites de observação da terra está em conformidade com os achados deste estudo, que apontam o total de **112 satélites** na constelação (família Flock/Dove) até 26/03/2025 (Tabela 12).

7.3. A partir da Tabela 12 é possível concluir que **apenas a operadora Planet Labs, Inc. possui constelação (112 satélites) com número superior ao mínimo teórico de satélites (81 satélites) necessários para cobertura diária do Brasil com satélites nessa configuração específica. Nesse ponto, é importante ressaltar que a quantidade mínima (81) é teórica porque leva em consideração que os satélites, além de estarem operacionais, estão perfeitamente espaçados entre si, e que todos estão imageando continuamente (sem interrupção) o território nacional. A interrupção no imageamento de um ou mais satélites (para manutenção, pesquisa, testes etc.) e/ou imperfeições no espaçamento entre os satélites tem impacto direto e faz com que, na prática, a quantidade mínima necessária para imagear o Brasil inteiro em um dia seja maior.**

8. REFERÊNCIAS

CSSI - Center for Space Standards and Innovation. Página inicial. **CelesTrak**, 2025a. Disponível em: <http://www.celestrak.com/>. Acesso em: 24 mar. 2025.

CSSI - Center for Space Standards and Innovation. Satellite Catalog (SATCAT). **CelesTrak**, 2025b. Disponível em: <https://celestrak.com/satcat/search.php>. Acesso em: 24 mar. 2025.

DIXON, Barnali; UDDAMERI, Venkatesh. **GIS and Geocomputation for water resource science and engineering**. 1. ed. Oxford: John Wiley & Sons, 2016. 504p. ISBN 978-1-118-35414-8.

EOPORTAL. Planet - **Flock Imaging Constellation**, 2025. Disponível em: <https://www.eoportal.org/satellite-missions/planet>. Acesso em: 27 mar. 2025.

GEOINOVA. **Tipos de satélites e suas especificações**, 2024. Disponível em: <https://geoinova.com.br/tipos-de-satelites-e-suas-especificacoes>. Acesso em: 27 mar. 2025.

MCDOWELL, Jonathan. **Jonathan's Space Report**, 2025a. Disponível em: <https://planet4589.org>. Acesso em: 24 mar. 2025.

MCDOWELL, Jonathan. GCAT: **General Catalog of Artificial Space Objects**, 2025b. Disponível em: <https://planet4589.org/space/gcat/>. Acesso em: 24 mar. 2025.

PLANET Labs. PlanetScope Overview. **Planet**, 2025. Disponível em: <https://developers.planet.com/docs/data/planetscope/>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SAFYAN, Mike. SkySats 16-18 Successfully Launch Aboard The SpaceX Falcon 9. **Planet**, 2020. Disponível em: <https://medium.com/planet-stories/from-satellite-launch-to-product-launch-a-behind-the-scenes-look-cccfce40dce8>. Acesso em: 4 ago. 2020.

SHAMSI, Uzair M. **GIS applications for water, wastewater, and stormwater systems**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2005. 440p. ISBN 978-0849320972.

Brasília, DF, na data da assinatura eletrônica

CRISTIANO DA CUNHA DUARTE
Perito Criminal Federal
SEGEO/INC/DITEC/PF

Revisor:

DANIEL ARAÚJO MIRANDA
Perito Criminal Federal
SEGEO/INC/DITEC/PF



Documento assinado eletronicamente por **DANIEL ARAUJO MIRANDA, Perito(a) Criminal Federal**, em 12/05/2025, às 19:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **CRISTIANO DA CUNHA DUARTE, Perito(a) Criminal Federal**, em 24/08/2025, às 23:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei4.pf.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0&cv=40439825&crc=EA87AE61.
Código verificador: **40439825** e Código CRC: **EA87AE61**.
