



## **Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação**

**Projeto Observatório de Tecnologias Espaciais – OTE**

**Série Documentos Estratégicos para o Setor Espacial  
Ano 5, Número 1**

**Estações de solo portáteis para recepção de dados e  
controle de CubeSats**

**Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação**  
**Projeto Observatório de Tecnologias Espaciais – OTE**  
**Série Documentos Estratégicos para o Setor Espacial**

**Ano 5, Número 1**

**Estações de solo portáteis para recepção de dados e controle de CubeSats**



Brasília – DF

dezembro, 2021

# Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

---

*Organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC)*

## **Presidente**

*Marcio de Miranda Santos*

## **Diretores**

*Regina Maria Silverio*

*Luiz Arnaldo Pereira da Cunha Junior*

Série Documentos Estratégicos para o Setor Espacial. Estações de solo portáteis para recepção de dados e controle de CubeSats. Projeto – Observatório de Tecnologias Espaciais – OTE. In: Atividade – Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2021.

108 p. : il.

1. Tecnologias espaciais. 2. Comunicações. 3. Satélites. 5. Nanossatélites. 6. CubeSats. 7. Segmento solo. 8. Recepção de sinais. I. CGEE. II. MCTI. III. Brasil.

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE  
SCS, Quadra 9 – Torre C – 4º andar – salas 401 a 405  
Edifício Parque Cidade Corporate  
70.308-200 - Brasília, DF  
Telefone: (61) 3424.9600  
<http://www.cgee.org.br>

Este relatório é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do 2º Contrato de Gestão CGEE – 31º Termo Aditivo, Atividade: Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação / Projeto: Observatório de Tecnologias Espaciais – OTE – 8.10.56.01.50.01/MCTI/2021.

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos neste relatório poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que citada a fonte.

**Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação**

**Projeto Observatório de Tecnologias Espaciais – OTE**

**Série Documentos Estratégicos para o Setor Espacial**

**Ano 5, Número 1**

**Estações terrenas para sistemas espaciais compostos  
por satélites de pequeno porte de CubeSats**

**Supervisão**

*Marcio de Miranda Santos*

**Equipe técnica do CGEE**

*Thyrso Villela Neto (Coordenador)*

*Alessandra de Moura Brandão*

*César Augusto Costa*

*Fernando Teixeira Bueno*

**Apoio administrativo**

*Genilda Carlos da Mota*

## Sumário

1	Apresentação .....	13
2	Introdução .....	15
3	Princípios básicos do segmento solo dos sistemas espaciais.....	17
3.1	Classificação das estações terrenas quanto à mobilidade.....	20
3.2	Uso do espectro eletromagnético pelo segmento solo .....	20
3.3	Estações terrenas de dados.....	29
3.3.1	Estações terrenas de dados do tipo RX .....	30
3.3.2	Estações terrenas de dados do tipo TX .....	39
3.3.3	Estações terrenas de dados do tipo TRX .....	43
3.4	Estações terrenas de controle.....	44
3.5	Estações terrenas mistas (dados e controle) .....	44
3.6	Tecnologias das estações terrenas.....	44
4	Estações terrenas para sistemas espaciais com SPPs .....	46
4.1	Estações terrenas para a missão BRISA.....	46
4.1.1	Dados e hipóteses da missão BRISA .....	46
4.1.2	Enlace de dados em banda S da missão BRISA .....	48
4.1.3	Estações de dados em banda S para a missão BRISA.....	49
4.1.4	Estações de controle para a missão BRISA.....	49
5	Ecosistema para desenvolvimento de missões espaciais.....	52
5.1	Fontes de informações científicas e tecnológicas.....	52
5.2	Fontes de informações noticiosas.....	52
5.3	Principais eventos técnicos .....	53
5.4	Principais instituições com atuação na área .....	53
6	Ciclo de vida das missões espaciais – segmento solo .....	54

7	Desenvolvimento de estações terrenas – Capacidade nacional.....	57
7.1	Desenvolvimento completamente nacional .....	58
7.1.1	Desenvolvimento híbrido .....	60
7.1.2	Aquisição no mercado internacional.....	60
8	Desenvolvimento de estações terrenas – Recursos humanos.....	68
9	Tecnologias das estações terrenas.....	75
9.1	Antena da estação terrena.....	75
9.1.1	Elemento irradiante .....	75
9.1.2	Duplexer/Diplexer .....	76
9.1.3	Suporte da antena.....	76
9.2	<i>Front End e Back End</i> de RF & Micro-ondas.....	76
9.3	Processador de FI .....	77
9.4	Condicionamento de Energia .....	77
9.5	Configuração, controle e operação da estação.....	77
9.6	Maturidade das tecnologias nacionais para as estações terrenas.....	78
	Referências .....	79
	Apêndice A. Pesquisa de estações terrenas para SPPs .....	80
	Apêndice B. Pesquisa de fontes de informações de C&T.....	81
	Apêndice C. Pesquisa de fontes de informações noticiosas .....	85
	Apêndice D. Pesquisa de eventos técnicos e científicos .....	88
	Apêndice E. Pesquisa de instituições atuantes na área .....	93
	Apêndice F. Pesquisa da capacidade nacional .....	97
	Apêndice G. Pesquisa dos recursos humanos .....	103

## Lista de figuras

Figura 3-1. Estruturação dos sistemas espaciais, conforme a ECSS.....	17
Figura 3-2. Organização da regulamentação da ANATEL para satélites. ....	25
Figura 3-3. Diagrama de blocos simplificado de uma estação terrena RX.....	30
Figura 3-4. Discriminação espacial de fontes de ruído/interferência. ....	32
Figura 3-5. Antenas para três tipos distintos de estação terrena receptora. ....	35
Figura 3-6. Diagrama de blocos simplificado de uma estação terrena TX. ....	39
Figura 3-7. Conexão do Diplexador e Duplexador nas estações terrenas TRX. ....	44
Figura 4-1. Diagrama de irradiação da antena BRISA em banda S.....	48
Figura 5-1. Antena planar para as bandas L e S, varredura mecânica. ....	51
Figura 7-1. Composição da arquitetura de uma missão espacial. ....	56

## Lista de tabelas

Tabela 3-1. Organização dos segmentos espacial e de solo como utilizada neste trabalho. ....	20
Tabela 3-2. Classificação dos tipos de estações terrenas quanto as suas mobilidades. ....	23
Tabela 3-3. Designação dos serviços de radiocomunicação envolvendo satélites conforme classificação da ITU. ....	24
Tabela 3-4. Serviços de radiocomunicação para sistemas nacionais de satélites. ....	25
Tabela 3-5. Frequências na faixa 100 MHz – 40 GHz para os serviços da Tabela 3-3 no Brasil. ....	26
Tabela 4-1. Estações terrenas de dados em banda S para a missão BRISA. ....	49
Tabela 7-1. Fases do ciclo de vida das missões espaciais conforme Wertz e Larson (1992). ....	54
Tabela 8-1. Classificação dos satélites pela sua massa. ....	57
Tabela 8-2. Capacidades, ferramentas e infraestrutura das organizações para o desenvolvimento das estações terrenas das missões espaciais com SPPs. ....	62
Tabela 8-3. Convenção para avaliação das organizações conforme a Tabela 3-3. ....	66
Tabela 9-1. Principais capacidades de RH necessárias para o desenvolvimento das estações terrenas das missões espaciais com SPPs. ....	69
Tabela 9-2. Convenção para avaliação de RH conforme a Tabela 9-1. ....	73
Tabela A-1. Pesquisa de estações terrenas de dados e de controle para SPPs até 29/07/21. ....	80
Tabela B-1. Levantamento das fontes de informações de C&T na área estações terrenas de dados e de controle até 29/07/21 (A). ....	82
Tabela C-1. Levantamento das fontes noticiosas na área de estações terrenas de dados e de controle até 29/07/21. ....	86
Tabela D-1. Levantamento dos eventos técnicos e científicos na área de estações terrenas de dados e controle até 29/07/21. ....	89
Tabela E-1. Levantamento das instituições atuantes na área de estações terrenas de dados e de controle até 29/07/21. ....	94
Tabela F-1. Organizações nacionais com capacidades para o desenvolvimento das estações terrenas de missões com SPPs (30/09/21).(A) ....	100



Tabela F-2. Organizações nacionais com capacidades para o desenvolvimento das estações terrenas de missões com SPPs (30/09/21). (B).....	101
Tabela F-3 Organizações nacionais com capacidades para o desenvolvimento das estações terrenas de missões com SPPs (30/09/21). (C).....	102
Tabela G-1. Recursos humanos nacionais para o desenvolvimento das estações terrenas de missões com SPPs (30/09/21) (A).....	105
Tabela G-2. Recursos humanos nacionais para o desenvolvimento das estações terrenas de missões com SPPs (30/09/21) (B).....	106
Tabela G-3. Recursos humanos nacionais para o desenvolvimento das estações terrenas de missões com SPPs (30/09/21) (A).....	107
Tabela G-4. Recursos humanos nacionais para o desenvolvimento das estações terrenas de missões com SPPs (30/09/21) (B).....	108



## Lista de siglas e acrônimos

AEB	Agência Espacial Brasileira
ALC	Automatic Level Control
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ASS	Amateur Satellite Service, FTSS Frequency and Time Signal Satellite Service
AERO	Aeroespacial
AIT	Assembly, Integration and Test
CAG	Controle Automático de Ganho
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
COTS	Commercial Out of The Shelf
CubS	Cubesat
DEM	Demodulação
EIRP	Potência Isotrópica Irradiada Efetiva
EMC	Electromagnetic Compatibility
EMI	Electromagnetic Interference
ECSS	European Cooperation for Space Standardization
ET	Estação Terra
FI	Frequência Intermediária
FPF	Filtro Passa-Faixa
FRI	Filtro Rejeita Imagem
HPA	High Power Amplifier
HW	Hardware
ITU	International Telecommunication Union
ISS	Inter-Satellite Service
LNA	Low Noise Amplifier
MCTI	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações
MHz	Mega Hertz (10 <sup>6</sup> Hz)
MicS	Microssatélite
MOD	Modulação
NanS	Nanossatélite
OTE	Observatório de Tecnologias Espaciais
PEB	Programa Espacial Brasileiro
PicS	Picossatélite
PMS	Pequeno/Médio Satélite
RDSS	Radiodetermination Satellite Service
RF	Rádio Frequência
RH	Recurso Humano
RLSS	Radiolocation Satellite Service and Standard
RNSS	Radionavigation Satellite Service
RX	Receptor (ou Recepção)
SINDAE	Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais
SGP	Satélite de Grande Porte
SMGS	Serviço Móvel Global por Satélites Não-Geoestacionários
SOS	Space Operation Service
SPP	Satélite de Pequeno Porte
SW	Software
TRX	Transceptor (ou Transmite e Recebe)
TV	Televisão
TVRO	TV Reception Only
TX	Transmissor (ou Transmissão)
TT&C	Telemetry, Tracking and Command

UHF Ultra high frequency (frequências ultra altas)  
VHF Very high frequency (frequências muito altas)

# 1 Apresentação

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) desenvolveu um projeto denominado Observatório de Tecnologias Espaciais (OTE), que tem o propósito de acompanhar o desenvolvimento e a evolução de tecnologias do setor espacial no Brasil e no mundo. O OTE tem como objetivo identificar tendências e oportunidades tecnológicas nesse setor e gerar informações sobre tecnologias consideradas críticas para o Programa Espacial Brasileiro (PEB). As informações obtidas pelo OTE são compiladas em relatórios periódicos enviados ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e podem apoiar os tomadores de decisão no âmbito do Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE), coordenado pela Agência Espacial Brasileira (AEB). Além disso, o OTE sugere ações que possam auxiliar processos de gestão tecnológica e de estabelecimento de estratégias de domínio tecnológico para o setor espacial brasileiro.

Resumidamente, o OTE aplica o conceito de inteligência tecnológica para programar as suas observações e usa metodologias próprias ou adaptadas para auxiliar o processo de análise dessas observações, de forma a transformá-las em informações que possam ser úteis para os gestores tecnológicos do setor espacial brasileiro.

Um dos produtos do OTE é a série “Documentos Estratégicos para o Setor Espacial”, da qual o presente documento faz parte, que tem como objetivo fornecer informações sobre tópicos específicos ligados a esse setor de forma a propiciar um entendimento mais aprofundado sobre temas de interesse para o Brasil no setor espacial. O primeiro documento dessa série tratou de uma categoria de satélites de pequeno porte, que são os nanosatélites conhecidos como CubeSats. O segundo documento dessa série tratou de veículos lançadores de satélites de pequeno porte, mostrando um panorama sobre veículos lançadores no mundo. Nesse segundo documento foram detalhadas algumas informações sobre veículos lançadores de pequeno porte, que representam um nicho interessante no atual cenário mundial e que podem servir de base para alavancar projetos de desenvolvimento desse tipo de foguetes no Brasil. Já o terceiro documento dessa série tratou de sistemas de propulsão elétrica para satélites de pequeno porte. Nesse terceiro documento, a exemplo do que foi feito nos anteriores, foram apontadas algumas oportunidades para o setor espacial brasileiro. O quarto dessa série especial de documentos tratou de sistemas de telecomunicações baseados em satélites de pequeno porte.

A recepção de sinais provenientes de pequenos satélites, seja com o intuito de imagear a superfície terrestre nas mais variadas bandas do espectro eletromagnético ou de transmitir e receber dados e informações em áreas remotas, aparece como uma necessidade real. E isto pode ser respondido prontamente por estações de recebimento e transmissão de dados portáteis. Estas estações poderiam ser posicionadas estrategicamente sobre o território nacional de forma a atender as necessidades de recepção e transmissão de sinais conforme a trajetória dos satélites de interesse.

Assim, o presente documento, o quinto dessa série, trata do segmento solo relacionado satélites de pequeno porte, categoria que inclui os nanosatélites e, em especial, os CubeSats. Os equipamentos sugeridos neste documento possuem uma característica inovadora que é a de serem portáteis, ou seja, facilmente operados em áreas remotas, distantes dos grandes centros.

Em vista disso, o OTE, com este documento, procura mostrar como avançou o conhecimento nesse setor, de forma a contribuir para que essa nova tendência, caso se confirme, possa ser amplamente explorada por instituições públicas e privadas brasileiras e que políticas públicas e projetos estratégicos possam ser implementados tempestivamente, fazendo com o que o País não perca oportunidades tecnológicas importantes.

## 2 Introdução

O primeiro objetivo deste documento é apresentar sucintamente o segmento solo dos sistemas espaciais, realizar uma introdução aos seus princípios básicos de funcionamento e propor uma estruturação simples desse segmento que possa ser utilizada na descrição do segmento solo dos sistemas espaciais com satélites de pequeno porte, especialmente *Cubesats*. O sistema de estações terrenas é um dos componentes do segmento solo.

O segundo objetivo desse documento é apresentar um levantamento, no cenário nacional e global, das estações terrenas indicadas para a interface com segmentos espaciais compostos por satélites de pequeno porte, particularmente *Cubesats*, de forma a se ter uma visão ampla das possíveis soluções para a implementação do segmento solo dos sistemas espaciais de interesse específico do CGEE baseados nas mesmas classes de satélites.

A corrente configuração de estações de recebimento de imagens e sinais de comunicação pode levar entre 12 horas até vários dias para estabelecer contato com um satélite de interesse. A utilização de estações portáteis possibilita agendar a localização da estação, ou posicionar uma coleção de estações estrategicamente, para receber e coletar as informações a cada passagem do satélite.

O OTE apresenta a descrição da tecnologia, a arquitetura e implementação de estações de solo de baixo custo, pequenas e portáteis para rastrear e receber sinais de satélites, em especial os que operam em bandas como VHF (3-300 MHz) e UHF (300MHz-3 GHz), como designado pela *International Telecommunication Union (ITU)*.

Os primeiros satélites e o desenvolvimento de CubeSats usualmente envolveram o uso de rádio frequências nas bandas de VHF e UHF devido ao baixo custo e alta acessibilidade por usuários finais. As bandas de UHF e VHF foram as frequências primárias para telemetria, rastreamento e comando (TT&C) em CubeSats por razões similares.

Agora, muitos anos após o lançamento do primeiro CubeSat, várias antenas têm sido desenvolvidas em diferentes bandas de frequência operacionais dependendo dos requisitos e aplicações exigidos pelos usuários finais. Os CubeSats mais atuais ativos se comunicam com estações de solo em frequências que correspondem àquelas alocadas para satélites amadores (HAM radio) ou outras especificamente alocadas no espaço de comunicações. As frequências de rádio HAM caem, tipicamente, nas faixas 145,8 MHz – 146,0 MHz na banda VHF e 435,0 MHz – 438,0 MHz na banda UHF. As bandas VHF e UHF são geralmente duplexada (a transmissão e recepção são realizadas na mesma frequência) para se aumentar a largura de banda. Esta funcionalidade, juntamente com a relativa facilidade de se obter uma licença, faz com que estas bandas sejam as escolhas mais populares para pequenos satélites como CubeSats.

Isto facilita também a recepção e transmissão destes sinais do solo. As antenas não precisam ser muito grandes, sendo de escalas portáteis e facilmente operáveis por equipes pequenas ou um operador isolado. Várias empresas ao redor do mundo têm se especializado em construir e desenvolver estações portáteis e

componentes para os usuários finais. Este modelo de negócio é bem conhecido do ramo de pequenos satélites, os COTS (*Commercial Out of The Shelf*, do inglês componentes comerciais de prateleira) para estações de solo portáteis.

Com foco nesta tecnologia, nas oportunidades que ela pode trazer para o setor espacial brasileiro, o OTE preparou este documento que tem por intuito de fornecer informações sobre a mesma e como ela pode contribuir para o desenvolvimento do programa espacial brasileiro.

Por fim, para complementar a visão do cenário em que deve ocorrer o emprego dessa classe de estações terrenas, também é objetivo deste documento realizar o levantamento de organizações, eventos, veículos de divulgação científica, tecnológica e noticiosa relacionados ao tema segmento solo de sistemas espaciais com *Cubesats*.



### 3 Princípios básicos do segmento solo dos sistemas espaciais

De acordo com a *European Cooperation for Space Standardization (ECSS)*, os sistemas espaciais são estruturados de acordo com a Figura 3-1 e compreendem quatro segmentos: espacial, lançamento, solo e apoio (ECSS, 2012, p. 7).

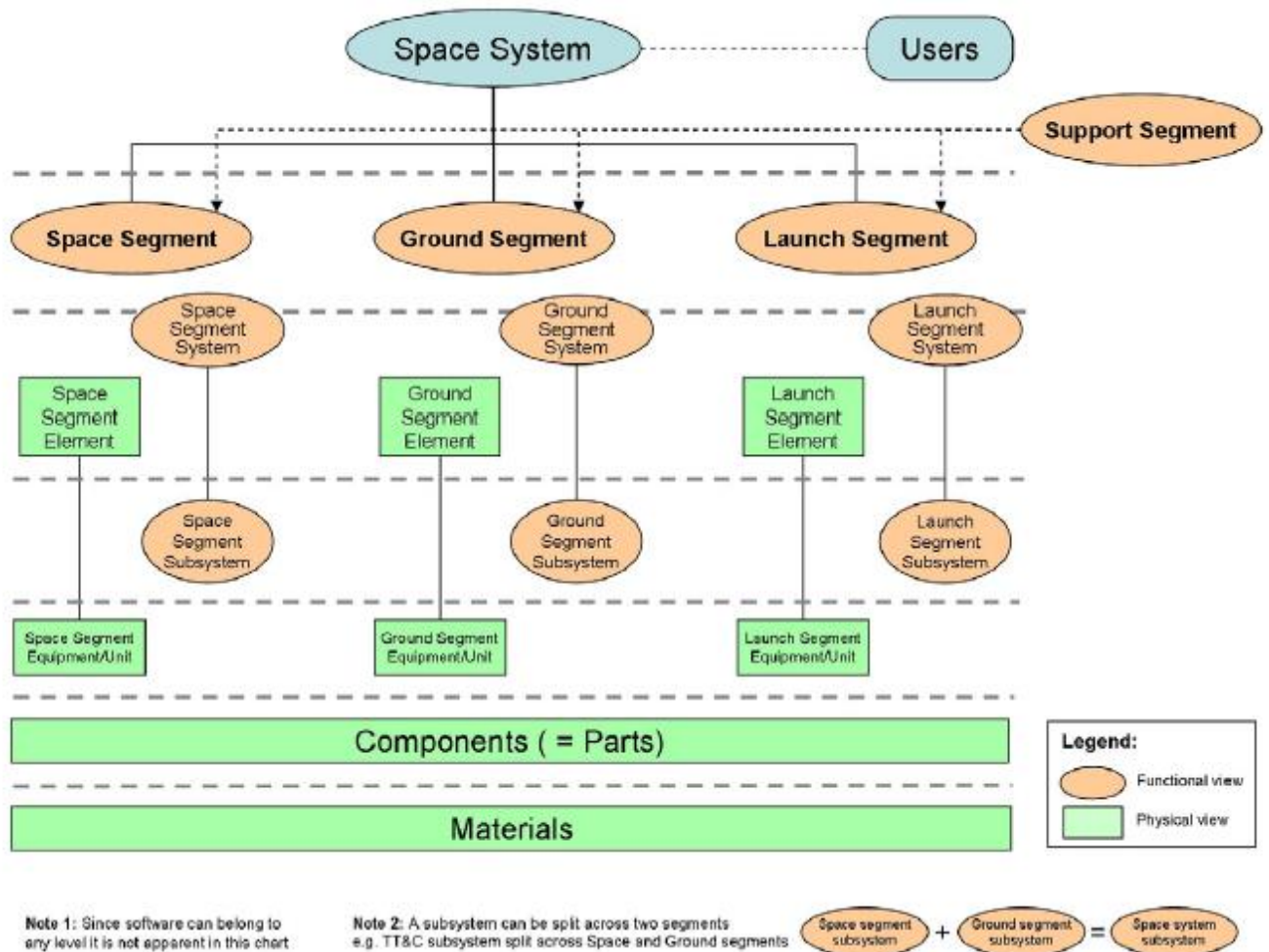


Figura 3-1. Estruturação dos sistemas espaciais, conforme a ECSS.

Fonte: ECSS (2012, p. 8).

A arquitetura dos sistemas espaciais delineada na Figura 3-1 é suficientemente geral de forma a permitir a descrição de qualquer sistema. Essa generalidade implica que a descrição de sistemas espaciais específicos requer, normalmente, uma adaptação (*tailoring*) da norma e esse processo é definido pela própria ECSS (2020).

Os “usuários” dos sistemas espaciais, identificados na Figura 3-1, fazem parte, normalmente, do segmento solo como indicado nas normas ECSS [(2009, p. 43), (2012, p. 57)].

De acordo com a ECSS (2008, p. 20), algumas operações relacionadas com a “missão” dos sistemas espaciais realizadas através do segmento solo são:

- Análise de missão;
- Simulações;
- Planejamento e programação da missão;
- Monitoramento e controle;
- Gerenciamento e manutenção do *software* embarcado nos artefatos espaciais;
- Arquivamento de dados;
- Entrega de dados do(s) produto(s);
- Gerenciamento de configuração;
- Análise e relatório de desempenho;
- Serviços para os usuários;
- Manutenção do sistema.

Por meio do segmento solo também são executadas operações relacionadas com a “carga útil” dos sistemas espaciais, como algumas listadas a seguir (ECSS, 2008, p.21):

- Análise da operação da(s) carga(s) útil(eis);
- Planejamento e programação da operação da(s) carga(s) útil(eis);
- Controle da operação da(s) carga(s) útil(eis);
- Processamento dos dados da(s) carga(s) útil(eis);
- Arquivamento dos dados da(s) carga(s) útil(eis);
- Entrega de dados do(s) produto(s);
- Serviços para os usuários;
- Análise e relatório de desempenho;
- Manutenção do sistema.

Como mostrado na Figura 3-1, as funções do segmento solo (bem como as dos demais segmentos) são realizadas através de sistemas e subsistemas com funções específicas. Esses, por sua vez, são constituídos fisicamente pelos elementos e equipamentos (ou unidades) do segmento solo.

Dois sistemas do segmento solo de especial interesse para esse trabalho são o sistema de comunicações terrestres e o sistema de estações terrenas (ECSS, 2008, p. 21). O primeiro sistema é responsável pela

interligação dos componentes do segmento solo por meio da infraestrutura de comunicações terrestres. O segundo é responsável pelo estabelecimento dos enlaces de comunicação entre o solo e os artefatos em órbita. Nos sistemas de estações terrenas destacam-se, normalmente, duas categorias de estação: **i)** as que se comunicam com os artefatos em órbita com a finalidade de monitoramento e controle (TT&C – *Telemetry, Tracking and Control*) da(s) plataforma(s) do segmento espacial; **ii)** as que utilizam o enlace de comunicações para a recepção de dados da(s) carga(s) útil(eis). Geralmente, as estações TT&C possuem a capacidade de transmissão (TX) e recepção (RX) de informações e as estações de dados somente de recepção (RX) de informações. Todavia, missões específicas podem requerer capacidades distintas (TX, RX ou TRX) para essas duas categorias de estações terrenas, como nos exemplos a seguir:

- a) Satélites do programa CBERS 3 & 4
  - b) Estações TT&C: TRX em Banda S;
  - c) Estações de dados:
    - i. RX em Banda X (cargas úteis ópticas);
    - ii. RX em Banda S (carga útil de coleta de dados, enlace de descida);
    - iii. TX em UHF (carga útil de coleta de dados, enlace de subida).
  - d) Satélites IRIDIUM, Serviço SBD (*Short Burst Data*)
  - e) Estações de dados: TRX em Banda L.
  - f) Missão de sensoriamento da Terra hipotética, baixo custo, com *Cubesat*
  - g) Estação TC: TX em VHF/UHF;
  - h) Estação de dados + TM: RX em Banda S;
- (TC – Telecomando; TM – Telemetria)

Os sistemas espaciais de interesse para o presente trabalho possuem o seu segmento espacial composto por um ou mais satélites do tipo *Cubesat* ou por satélites de pequeno porte (SPP). Frequentemente esses sistemas têm como um de seus objetivos ou requisitos a redução da complexidade e do custo, comparativamente aos sistemas espaciais utilizando satélites convencionais de médio e grande porte. Propõe-se que o segmento solo dessa categoria de sistemas espaciais seja organizado da forma mostrada na Tabela 3-1.

O detalhamento da arquitetura dos segmentos identificados na Figura 2-2 depende da missão específica e de seus requisitos, mas ela deve incluir as estações terrenas de dados, as estações terrenas de controle e o sistema de comunicações terrestres.

Tabela 3-1. Organização dos segmentos espacial e de solo como utilizada neste trabalho.

SISTEMAS ESPACIAIS				
SEGMENTO ESPACIAL	SEGMENTO SOLO			
Satélite(s) (SPP ou menor(es))	Segmento USUÁRIOS	Segmento CM	Segmento COCU	Segmento COS

CM – Controle de Missão • COCU – Controle de Operação das Cargas Úteis

COS – Controle de Operação dos Satélites

Fonte: CGEE.

### 3.1 Classificação das estações terrenas quanto à mobilidade

A definição de “estação terrena” dada acima, baseada somente na sua funcionalidade, é muito genérica e por isto ela abrange tipos bastante distintos de estação no que se refere a, por exemplo, dimensões e peso da sua antena e de outros equipamentos, infraestrutura necessária para instalação e operação como guindastes, fonte de energia e comunicações terrestres, complexidade da forma de instalação e alinhamento das partes, grau de automatização e pessoal necessário para operação. Esses fatores têm impacto nos meios necessários para o transporte e manuseio das partes da estação, no local e no tempo de instalação da estação, e nos recursos humanos necessários para a sua instalação e operação.

No presente trabalho, as estações terrenas serão classificadas em fixas, portáteis e móveis observando-se para isto alguns critérios do tipo exemplificado acima e sumarizados na Tabela 3-2 Em alguns sistemas espaciais as estações portáteis e móveis são chamadas de “terminal do usuário”.

### 3.2 Uso do espectro eletromagnético pelo segmento solo

Como consequência do exposto acima, os componentes do segmento solo que podem fazer uso do espectro eletromagnético para o desempenho de suas funções são o sistema de comunicações terrestres e o sistema de estações terrenas.

O sistema de comunicações terrestres envolve, pela sua própria definição, somente enlaces terrestres de comunicações os quais podem usar tanto tecnologias de comunicação sem fio como de comunicação cabeada. Todavia, os requisitos desse sistema bem como a regulamentação da sua operação foram considerados fora do escopo desse trabalho e não serão abordados.

Por outro lado, as estações terrenas de controle e de dados que compõem o sistema de estações terrenas fazem parte do objeto do presente estudo e suas características e requisitos principais, inclusive o uso do espectro

eletromagnético para o estabelecimento dos enlaces de comunicação com os satélites, serão abordados nas próximas páginas.

O uso do espectro eletromagnético para a comunicação com satélites é regulamentado globalmente pela *International Telecommunication Union* (ITU) utilizando a classificação dessas comunicações em “serviços”, conforme a lista constante da Tabela 3-3 (ITU, 2016, p. 8 – 13).

No Brasil, a comunicação com satélites é regulamentada pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) que segue a regulamentação da ITU como signatária de acordos internacionais com essa organização. A estrutura básica da regulamentação da ANATEL referente a comunicações com satélites é mostrada na Figura 3-2 (ANATEL, 2020).

A regulamentação da ANATEL utiliza os mesmos serviços da Tabela 3-3 e, adicionalmente, o Serviço Móvel Global por Satélites Não-Geoestacionários (SMGS) definido como:

Serviço Móvel Global por Satélites Não-Geoestacionários (SMGS): serviço público-restrito móvel por satélite, de âmbito interior e internacional, que utiliza como suporte Serviço de Transporte de Sinais de Telecomunicações por Satélites Não-Geoestacionários cujas estações de acesso são interligadas a redes terrestres, fixas ou móveis (Brasil, 1997).

O serviço SMGS não está incluído na Figura 3-2, mas consta da regulamentação da ANATEL (2020a).

A operação de todos os tipos de cargas\_úteis embarcadas em satélites deve se enquadrar em um ou mais dos serviços previstos na Tabela 3-3, com exceção do serviço *Space Operation Service* (SOS), que é relacionado com a operação das plataformas (*bus*) espaciais. A operação de plataformas também pode, eventualmente, utilizar o serviço *Inter-Satellite Service* (ISS) para comunicação entre satélites.

Verifica-se, portanto, que as estações terrenas de dados devem operar nas frequências reservadas aos serviços da Tabela 3-3, excluindo-se os serviços SOS e ISS. Da mesma forma, as estações terrenas de controle devem operar nas frequências reservadas ao serviço SOS.

Como a pesquisa das porções do espectro eletromagnético disponibilizadas para cada serviço deve ser feita na regulamentação brasileira, a Tabela 3-4 define um conjunto de siglas para esses serviços baseadas na definição deles em Português.

Comparando-se as Tabela 3-3 e Tabela 3-4 constata-se que na segunda não foram incluídos os serviços *Amateur Satellite Service*, *Radiodetermination Satellite Service*, *Radionavigation Satellite Service*, *Radiolocation Satellite Service* e *Standard Frequency and Time Signal Satellite Service* devido à proibição da exploração comercial (ASS) e à baixa probabilidade de exploração comercial do serviço em território nacional (RDSS, RNSS, RLSS, FTSS).

A disponibilidade de faixas de frequências para os serviços da Tabela 3-4 pode ser obtida através da análise do documento “Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil – Edição 2020”

(ANATEL, 2020b) e de seus documentos de referência e aplicáveis. O resultado dessa análise para frequências de 100 MHz a 40 GHz foi sumarizado na Tabela 3-5.

Tabela 3-2. Classificação dos tipos de estações terrenas quanto as suas mobilidades.

QUESITO	TIPO DE ESTAÇÃO		
	FIXA	PORTÁTIL	MÓVEL
Dimensões e peso das partes da estação	Uma ou mais partes grandes e/ou pesadas requerendo equipamento pesado para manuseio.	Partes com dimensões e pesos que permitem seu manuseio por um ou dois operadores.	Partes com dimensões e pesos bastante reduzidos que permitem seu manuseio, com facilidade, por um operador.
Meios de transporte das partes	Uma ou mais partes requerem caminhão ou veículo de carga grande	Uma ou mais partes requerem caminhonete, veículo de carga pequeno ou automóvel.	Automóvel, transporte pessoal.
Local de instalação	Área grande e específica para a estação e infraestrutura (ar condicionado, casa de força etc.). Pode requerer comunicações terrestres de alto desempenho, rede de energia trifásica / alta potência.	Área pequena e não específica. Pode requerer apenas a infraestrutura comum de energia elétrica e comunicações.	Não requer área para instalação nem infraestrutura de energia e comunicações.
Infraestrutura para instalação	Requer usualmente fundação para o pedestal da antena; pode requerer obras civis para instalação de ar condicionado, cabine de força etc. Requer: guindaste ou similar para manuseio de pelo menos uma parte de grande tamanho e/ou peso; equipamentos especiais para alinhamento da antena.	Pode requerer fundação para o pedestal da antena, mas mais simples que o da estação fixa. Requer abrigo apenas para os equipamentos da estação. Condicionamento de ar e de energia não necessário. Não requer equipamento para manuseio de partes. Procedimento de alinhamento da antena mais simples que o da estação fixa.	Não necessária.
Pessoal para instalação	Equipe de instalação especializada e dedicada, vários membros.	Equipe de instalação especializada e dedicada, talvez com um único membro.	Não necessário.
Tempo de instalação *	Comissionamento: ~ 2 semanas – 3 meses.	Comissionamento: ~ 1 dia – 2 semanas.	Comissionamento: imediato.
Infraestrutura para operação	Pode requerer comunicações terrestres de alto desempenho, rede de energia trifásica / alta potência.	Pode requerer apenas a infraestrutura comum de energia elétrica e comunicações.	Não necessária.
Pessoal para operação	Equipe de operadores.	Operador único ou o próprio usuário.	Usuário.
Operação em movimento	Não.	Não.	Sim.

\* – Tempo estimado e indicativo dos períodos relativos.

Fonte: CGEE

Tabela 3-3. Designação dos serviços de radiocomunicação envolvendo satélites conforme classificação da ITU.

ITEM	SERVIÇO	SIGLA <sup>1</sup>	DESCRIÇÃO
1	Fixed Satellite Service	FSS	Serviço de radiocomunicação entre estações terrenas em posições determinadas e fixas por meio de satélites.
2	Mobile Satellite Service	MSS	Serviço de radiocomunicação entre: estações terrenas móveis <sup>2</sup> e uma ou mais estações espaciais, ou entre as estações espaciais do serviço; estações terrenas móveis por meio de uma ou mais estações espaciais.
3	Broadcasting Satellite Service	BSS	Serviço de radiocomunicação no qual os sinais transmitidos ou retransmitidos por estações espaciais são destinados ao público em geral.
4	Radiodetermination Satellite Service	RDSS	Serviço de radiocomunicação destinado à radio determinação por meio de uma ou mais estações espaciais.
5	Radionavigation Satellite Service	RNSS	Serviço de radio determinação por satélite destinado a radio navegação.
6	Radiolocation Satellite Service	RLSS	Serviço de radio determinação por satélite destinado a radio localização.
7	Earth Exploration Satellite Service	EESS	Serviço de radiocomunicação entre estações terrenas e uma ou mais estações espaciais no qual: informações relacionadas com as características da Terra e de seus fenômenos naturais, incluindo dados relativos ao estado do meio ambiente, são obtidas por meio de sensores ativos ou passivos a bordo de satélites terrestres; informações similares são obtidas de plataformas terrestres ou a bordo de aeronaves; essas informações podem ser distribuídas para estações terrenas que façam parte do sistema em consideração; possa incluir a interrogação de plataformas.
8	Meteorological Satellite Service	EESS-Meteo	Serviço de Exploração da Terra por Satélite destinado a fins meteorológicos.
9	Standard Frequency and Time Signal Satellite Service	FTSS	Serviço de radiocomunicação utilizando estações espaciais ou satélites terrestres para as mesmas finalidades do Serviço de Frequência Padrão e Sinal de Tempo.
10	Amateur Satellite Service	ASS	Serviço de radiocomunicação utilizando estações espaciais em satélites terrestres para as mesmas finalidades do Serviço de Radioamador.
11	Inter-Satellite Service	ISS	Serviço de radiocomunicação que provê enlaces entre satélites artificiais.
12	Space Operation Service	SOS	Serviço de radiocomunicação voltado exclusivamente para a operação dos artefatos espaciais, em particular para o rastreamento, telemetria e telecomando.
13	Space Research Service	SRS	Serviço de radiocomunicação no qual veículos espaciais ou outros objetos no espaço são utilizados para pesquisa científica ou tecnológica.
<p><b>Nota(s):</b> 1 – Siglas do autor; 2 – Estações terrenas móveis podem estar no solo (<i>Land Mobile Satellite Service</i>), a bordo de navios (<i>Maritime Mobile Satellite Service</i>) ou a bordo de aviões (<i>Aeronautical Mobile Satellite Service</i>).</p>			

Fonte: Baseada em (ITU, 2016, p. 9-13).





Figura 3-2. Organização da regulamentação da ANATEL para satélites.

Fonte: ANATEL (2020).

Tabela 3-4. Serviços de radiocomunicação para sistemas nacionais de satélites.

ITEM	SERVIÇO	SIGLA <sup>1</sup>	UTILIZAÇÃO	
			MISSÃO	OPERAÇÃO
1	Fixo por Satélite	SFS	X	
2	Móvel por Satélite	SMS	X	
3	Radiodifusão por Satélite	SRS	X	
4	Pesquisa Espacial	SPE	X	
5	Operação Espacial	SOE		X
6	Exploração da Terra por Satélite	SETS	X	
7	Meteorologia por Satélite	SETS–Meteo	X	
8	Enlace entre Satélites	SES	X	X
<b>Nota(s):</b>				
1 – Siglas do autor.				

Fonte: CGEE.

Tabela 3-5. Frequências na faixa 100 MHz – 40 GHz para os serviços da Tabela 3-3 no Brasil.

SERVIÇO	BANDA	Nº DA FAIXA DO SERVIÇO	FAIXAS DE FREQUÊNCIAS	
			VALOR	UNIDADE
SFS – Fixo por Satélite	S, C	1	3.400 – 4.800	MHz
	C	2	5.151 – 5.250	MHz
	C	3	5.850 – 7.075	MHz
	C	4	7.300 – 7.750	MHz
	C, X	5	7.900 – 8.400	MHz
	X, Ku	6	10,7 – 12,2	GHz
	Ku	7	12,75 – 13,25	GHz
	Ku	8	13,75 – 14,8	GHz
	Ku	9	15,43 – 15,63	GHz
	Ku, K	10	17,3 – 21,2	GHz
	K	11	24,75 – 25,25	GHz
	Ka	12	27 – 31	GHz
	Ka	13	37,5 – 40	GHz
SMS – Móvel por Satélite	VHF	1	137 – 138	MHz
	VHF	2	148 – 150,05	MHz
	UHF	3	399,9 – 400,05	MHz
	UHF	4	400,15 – 401	MHz
	UHF	5	406 – 406,1	MHz
	UHF	6	455 – 456	MHz
	UHF	7	459 – 460	MHz
	L	8	1.518 – 1.559	MHz
	L	9	1.610 – 1.660,5	MHz
	L, S	10	1.980 – 2.025	MHz
	S	11	2.160 – 2.200	MHz
	S	12	2.483,5 – 2.500	MHz
	Ku	13	14 – 14,5	GHz
	K	14	19,7 – 21,2	GHz
	Ka	15	29,5 – 31	GHz
	Ka	16	39,5 – 40	GHz
SRS – Radiodifusão por Satélite	L	1	1.452 – 1.492	MHz
	Ku	2	12,2 – 12,7	GHz
	Ku	3	17,3 – 17,8	GHz
SPE – Pesquisa Espacial	VHF	1	136 – 144	MHz

SERVIÇO	BANDA	Nº DA FAIXA DO SERVIÇO	FAIXAS DE FREQUÊNCIAS	
			VALOR	UNIDADE
	UHF	2	400,15 – 401	MHz
	L	3	1.215 – 1.300	MHz
	L	4	1.400 – 1.427	MHz
	L	5	1.660,5 – 1.668,4	MHz
	L, S	6	1.706 – 2.301	MHz
	S	7	2.665 – 2.700	MHz
	S	8	3.100 – 3.300	MHz
	C	9	4.990 – 5.000	MHz
	C	10	5.250 – 5.570	MHz
	C	11	5.650 – 5.725	MHz
	C	12	7.145 – 7.235	MHz
	X	13	8.400 – 8.500	MHz
	X	14	8.550 – 8.650	MHz
	X	15	9.300 – 9.900	MHz
	X	16	10,6 – 10,7	GHz
	Ku	17	13,25 – 14,3	GHz
	Ku	18	14,4 – 14,47	GHz
	Ku	19	14,5 – 15,4	GHz
	Ku	20	16,6 – 17,1	GHz
	Ku	21	17,2 – 17,3	GHz
	K	22	18,6 – 18,8	GHz
	K	23	21,2 – 21,4	GHz
	K	24	22,21 – 22,5	GHz
	K	25	22,55 – 23,15	GHz
	K	26	23,6 – 24	GHz
	K, Ka	27	25,5 – 27	GHz
	Ka	28	31 – 32,3	GHz
	Ka	29	34,2 – 35,2	GHz
	Ka	30	35,5 – 38	GHz
	SOE – Operação Espacial	VHF	1	137 – 138
VHF		2	272 – 273	MHz
UHF		3	401 – 402	MHz
UHF		4	410 – 420	MHz
L		5	1.427 – 1.429	MHz
L		6	1.525 – 1.535	MHz

SERVIÇO	BANDA	Nº DA FAIXA DO SERVIÇO	FAIXAS DE FREQUÊNCIAS	
			VALOR	UNIDADE
	S	7	2.025 – 2.110	MHz
	S	8	2.200 – 2.300	MHz
SETS – Exploração da Terra por Satélite	UHF	1	401 – 403	MHz
	UHF	2	432 – 438	MHz
	UHF	3	460 – 470	MHz
	L	4	1.215 – 1.300	MHz
	L	5	1.400 – 1.427	MHz
	L	6	1.525 – 1.535	MHz
	S	7	2.025 – 2.110	MHz
	S	8	2.200 – 2.290	MHz
	S	9	2.665 – 2.700	MHz
	S	10	3.100 – 3.300	MHz
	C	11	5.250 – 5.570	MHz
	X	12	8.025 – 8.400	MHz
	X	13	8.550 – 8.650	MHz
	X	14	9.300 – 9.900	MHz
	X	15	10,6 – 10,7	GHz
	Ku	16	13,25 – 14	GHz
	Ku	17	15,35 – 15,4	GHz
	Ku	18	17,2 – 17,3	GHz
	K	19	18,6 – 18,8	GHz
	K	20	21,2 – 21,4	GHz
	K	21	22,21 – 22,5	GHz
	K	22	23,6 – 24	GHz
	K	23	24,05 – 24,25	GHz
	K, Ka	24	25,5 – 27	GHz
	Ka	25	28,5 – 30	GHz
	Ka	26	31,3 – 31,8	GHz
	Ka	27	35,5 – 37	GHz
	Ka	28	37,5 – 40	GHz
SETS–Meteo – Meteorologia por Satélite	VHF	1	137 – 138	MHz
	UHF	2	400,15 – 403	MHz
	L	3	1.670 – 1.710	MHz
	C	4	7.450 – 7.550	MHz
	C	5	7.750 – 7.900	MHz

SERVIÇO	BANDA	Nº DA FAIXA DO SERVIÇO	FAIXAS DE FREQUÊNCIAS	
			VALOR	UNIDADE
	X	6	8.175 – 8.215	MHz
SES – Enlace entre Satélites	K	1	24,45 – 24,75	GHz
	K, Ka	2	25,25 – 27,5	GHz
	Ka	3	32,3 – 33	GHz

Fonte: CGEE.

### 3.3 Estações terrenas de dados

Para fins de estudo das estações terrenas de dados, as cargas úteis embarcadas em satélites podem ser divididas em dois grandes grupos: **i)** as cargas que geram as informações de interesse da missão a bordo dos satélites como, por exemplo, as de imageamento da Terra; **ii)** as cargas que atuam como repetidoras dos sinais de radiofrequência recebidos da Terra como, por exemplo, as de coleta remota de dados.

Esses grupos de cargas úteis dão origem a tipos básicos de estações terrenas de dados. As estações básicas para o primeiro grupo são receptoras (RX) e o segundo grupo requer estações transmissoras (TX) e estações receptoras de dados. Eventualmente, as capacidades de recepção e de transmissão podem estar presentes em uma mesma estação resultando em uma estação terrena do tipo TRX.

Missões espaciais específicas podem requerer ou permitir que, além do fluxo de dados da missão, também haja um fluxo de informações complementares para o monitoramento e controle da carga útil e/ou das estações terrenas. Considere-se, como exemplo, um sistema espacial para coleta remota de dados ambientais com plataformas de coleta de dados (PCD) espalhadas pelo território nacional e um ponto único para o recebimento de todos os dados coletados. As estações terrenas básicas para esse sistema são as estações transmissoras associadas a cada PCD e a estação receptora com localização geográfica adequada para a missão. Sem alterar essas características básicas, as PCDs podem enviar, além dos dados ambientais, informações (telemetrias) para avaliação do funcionamento da PCD como, por exemplo, o ciclo de carga da bateria. Esse mesmo sistema de coleta pode requerer/permitir que as estações terrenas das PCDs tenham capacidade de receber informações. Essa capacidade é útil para que a estação terrena central transmita informações para as PCDs e, por exemplo, envie um comando para mudança da taxa de coleta de dados em um dado período de interesse. Nesse caso, ambos os tipos básicos de estação terrena do sistema teriam que ser alterados de TX e RX para TRX.

Os enlaces de comunicação entre as estações terrenas e as cargas úteis devem ocorrer nas frequências do espectro eletromagnético regulamentadas pela ANATEL (vide Figura 3-2).

As próximas seções abordam o funcionamento básico e os principais requisitos das estações terrenas de dados dos tipos RX, TX e TRX.

### 3.3.1 Estações terrenas de dados do tipo RX

Nos transmissores das cargas úteis do primeiro grupo da seção 3.2 as informações geradas a bordo modulam um sinal de radiofrequência (RF) denominado de onda portadora produzindo um sinal de RF modulado. Após amplificação até o nível de potência adequado, o sinal de RF modulado é transmitido para a Terra por meio de uma antena com características apropriadas.

No solo, o sinal de RF oriundo do satélite é recebido pela antena da estação terrena, amplificado e demodulado para se obter de volta os dados gerados a bordo. A Figura 3-3 mostra o diagrama de blocos funcionais simplificado de uma estação terrena receptora que realiza esse processamento de sinais.

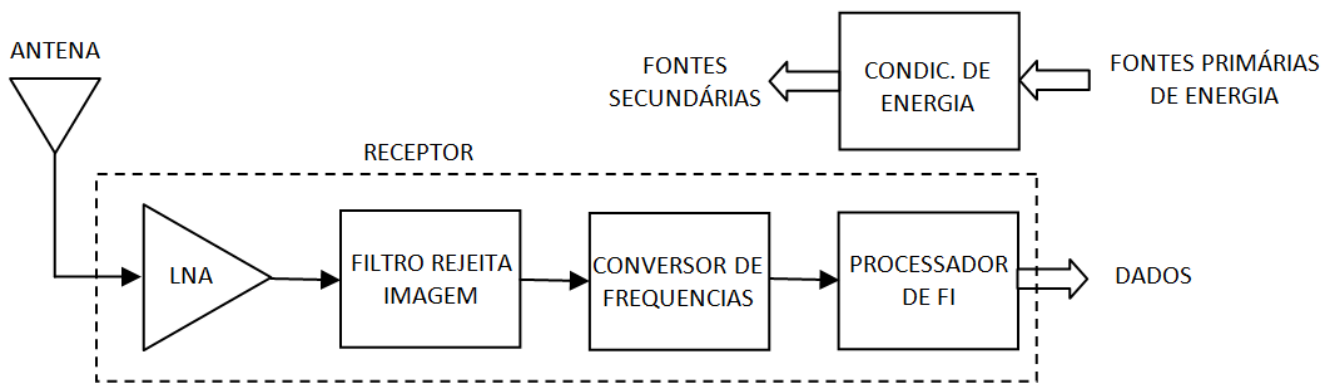


Figura 3-3. Diagrama de blocos simplificado de uma estação terrena RX.

Fonte: CGEE.

Idealmente, os dados disponibilizados em solo pela estação terrena da Figura 3-3 são uma réplica perfeita dos dados gerados a bordo do satélite. Na prática, os dados em solo contêm erros e distorções em relação aos dados de bordo os quais precisam ser quantificados e limitados.

O processo de transmissão de dados do satélite para o solo tem três grandes componentes: o transmissor de dados a bordo do satélite, o espaço livre entre a antena do satélite e a antena da estação terrena e a estação terrena. As características desses componentes e seu impacto na distorção e degradação dos dados enviados são identificadas e especificadas na fase de definição do sistema espacial, particularmente na etapa de análise e cálculo do enlace de comunicação. Se os dados são analógicos sua distorção e degradação são, normalmente, especificadas em termos de distorção de amplitude e fase e relação sinal/ruído. Se os dados são digitais a distorção e degradação são especificadas em termos de taxa de erro de bits (BER – *Bit Error Rate*).

Quando a estação terrena da Figura 3-3 está corretamente dimensionada com referência aos requisitos do sistema espacial do qual ela faz parte, a estação consegue operar com a potência do sinal de RF captado pela antena dentro dos limites mínimo e máximo especificados e gerar o nível de sinal e relação sinal/ruído

requeridos pelo sub-bloco Demodulador, que faz parte do bloco Processador de FI, de tal forma que os dados entregues atendam aos requisitos de qualidade especificados.

Além da qualidade dos dados fornecidos, a avaliação do desempenho da estação terrena também deve considerar sua susceptibilidade a ruído e a sinais interferentes fora da banda de frequências do sinal da carga útil. Deve ser analisada a possibilidade de fontes de ruído e interferência tanto no céu (satélites e astros) como em solo (máquinas e motores elétricos, redes de energia/iluminação etc., transmissores terrestres).

O desempenho da estação terrena receptora é definido por diversos parâmetros, mas dentre eles se destaca o “G/T” em que G é o ganho da antena receptora e T é a temperatura de ruído do sistema. A temperatura de ruído do sistema é a soma da temperatura de ruído da antena e da temperatura de ruído do Receptor (ver bloco tracejado na Figura 3-3). Esses parâmetros, bem como uma breve descrição dos blocos que compõem a estação terrena, são apresentados nos parágrafos a seguir.

### **3.3.1.1 Antena da estação terrena**

A função da antena é receber o sinal de RF modulado emitido pela carga útil do satélite na forma de uma onda eletromagnética e gerar em seus terminais um sinal de RF que possa ser conduzido diretamente até a entrada do Amplificador de Baixo Ruído (LNA) da estação terrena ou por meio de um trecho de guia de ondas ou de cabo coaxial.

A antena é caracterizada por diversos parâmetros elétricos entre os quais podem ser destacados: 1) faixa de frequências de operação; 2) ganho; 3) diagrama de irradiação; 4) polarização; 5) temperatura de ruído; 6) impedância de entrada; 7) tipo de conexão (guia/coaxial). As dimensões da antena, peso e forma de fixação são parâmetros mecânicos relevantes para a instalação e operação da antena.

Quanto maior o ganho da antena, maior será o nível do sinal entregue em seus terminais. O aumento do ganho colabora, portanto, com a necessidade de a estação terrena apresentar um determinado valor de ganho de potência global entre o espaço livre e a entrada do sub-bloco Demodulador, integrante do bloco Processador de FI da Figura 3-3.

Todavia, ao se aumentar o ganho da antena suas características diretivas também são aumentadas o que faz com que a antena receba sinais oriundos somente de direções específicas. Quanto maior o ganho, menor será a região em torno do eixo da antena na qual ela é capaz de receber sinais. Esse comportamento se torna um inconveniente quando o satélite se desloca no céu, como no caso das órbitas não geoestacionárias. Nesta situação, as antenas com maior ganho ou, equivalentemente, mais diretivas, precisam ter seu eixo de melhor recepção movimentado a fim de mantê-lo apontado para o satélite durante sua passagem pelo campo de visão da estação terrena. O apontamento do eixo pode ser realizado mecanicamente, girando-se convenientemente a antena em torno de um ou dois de seus eixos, ou eletronicamente, se a antena for do tipo *phased array*. De

qualquer forma, antenas com capacidade de apontamento do eixo de melhor recepção são, normalmente, mais complexas e mais caras.

O aumento da diretividade da antena, como consequência do aumento do ganho, tem um aspecto positivo. Ele torna a estação terrena menos suscetível a fontes de ruído ou de interferência (satélites e astros) localizadas no céu em posições angulares próximas da posição angular do satélite de interesse. A Figura 3-4 ilustra de forma esquemática, por simplicidade, a situação em foco.

Em um dado momento o eixo de melhor recepção da antena está apontado para o satélite de interesse S, em órbita com altitude H2. Nesse mesmo instante, há as fontes de ruído/interferência F1 a F4 localizadas nas altitudes e posições indicadas na figura. Se a região angular de recepção da antena for A1-A1, além do sinal proveniente do satélite S também poderá ser recebido ruído/sinal interferente da fonte F1. Se a região angular de recepção for A2-A2 (> A1-A1), além do sinal do satélite S poderão ser recebidos ruído/sinais interferentes de F1, F2 e F3. Na situação da figura, mesmo com a cobertura maior A2-A2, os eventuais sinais de F4 não são recebidos pela antena no momento ilustrado.

O parâmetro diagrama de irradiação mostra a habilidade de recepção da antena em função da direção de chegada do sinal. É uma figura tridimensional, mas normalmente o diagrama é mostrado como um conjunto de cortes dessa figura.

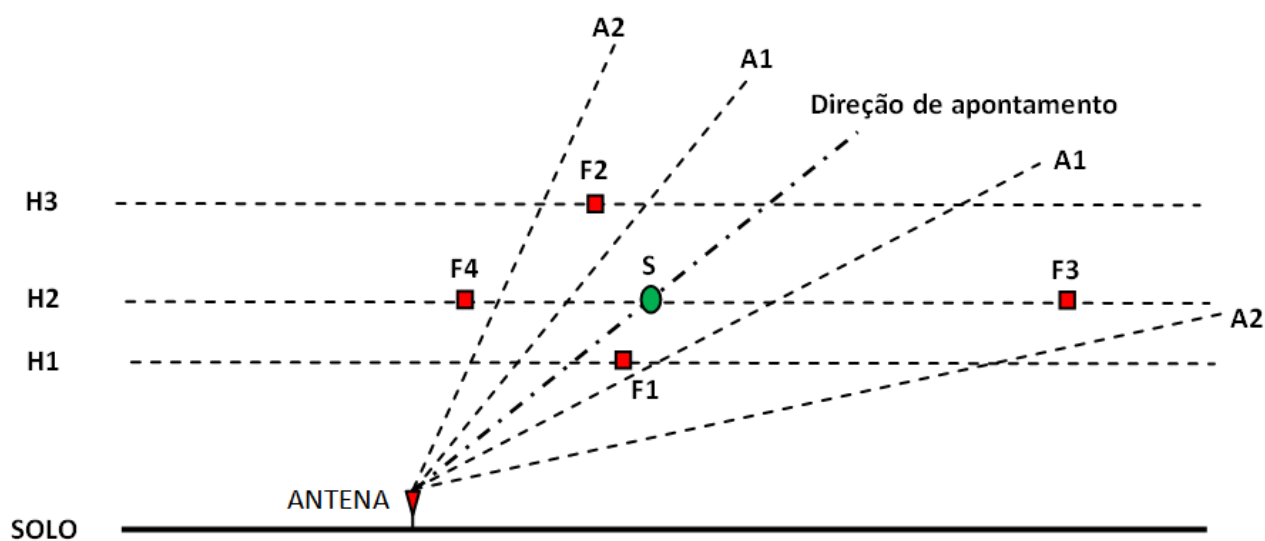


Figura 3-4. Discriminação espacial de fontes de ruído/interferência.

Fonte: CGEE.

Normalmente, as antenas têm uma direção preferencial de recepção e a região em torno dessa direção é chamada de lóbulo principal. As demais regiões em que a antena também pode receber sinais são chamadas de lóbulos secundários. Um requisito usual das antenas é estabelecer um valor mínimo de atenuação entre o nível



do sinal recebido quando o lóbulo secundário aponta para uma fonte de sinal, em relação ao nível do sinal recebido quando o lóbulo principal aponta para a mesma fonte.

A temperatura de ruído da antena ( $T_{ANT}$ ) depende das perdas nos materiais de que ela é feita, da direção de apontamento e do seu diagrama de irradiação. Normalmente, o ruído captado pela antena em função de seu apontamento e diagrama é a parcela de ruído dominante em seus terminais, uma vez que a antena, por projeto e fabricação, possui perdas muito baixas. O ruído nos terminais da antena inclui o ruído captado na direção dos lóbulos principal e secundários. O efeito da maior ou menor abertura angular do lóbulo principal na recepção de ruído (e interferência) já foi comentado acima. Deve-se acrescentar que no momento em que o lóbulo principal da antena está apontado para o satélite de interesse, um ou mais de seus lóbulos secundários podem estar apontados para fontes de ruído (e/ou interferência) contribuindo, assim, para a temperatura de ruído da antena. Mesmo considerando que o sinal/ruído recebido pelos lóbulos secundários sofre uma atenuação relativamente à recepção pelo lóbulo principal, pode acontecer que um lóbulo secundário seja apontado para uma fonte com potência muito alta comparativamente à do sinal do satélite de interesse. Um exemplo dessa possibilidade é uma antena que aponta seu lóbulo principal para o satélite de interesse enquanto, no mesmo instante, um de seus lóbulos secundários aponta para o Sol.

Alguns parâmetros físicos da antena como dimensões, peso e forma de fixação impactam na sua instalação e operação, e, também, na portabilidade da estação terrena. Sistemas espaciais com *Cubesats* ou SPPs podem ter, eventualmente, o requisito de disponibilidade de estações terrenas portáteis que possam ser transportadas de um local para outro, instaladas e operadas com relativa facilidade.

A Figura 3-5 ilustra as antenas, de diferentes tamanhos e tipos, para três tipos distintos de estação terrena.

Vê-se que as antenas da Figura 3-5 são bastante diferentes no que se refere ao seu tipo e às suas dimensões. As diferenças podem, ainda, ser grandes em vários outros parâmetros da antena. O conjunto de requisitos da estação terrena é o fator determinante para a seleção dos tipos de antena aplicáveis em cada situação específica.

Utilizando-se a classificação da seção 3.1, as antenas da Figura 3-5 são utilizáveis, respectivamente, em estações terrenas fixas, portáteis e portáteis/móveis.

Quando a antena possui varredura mecânica ou eletrônica, seus motores e/ou circuitos de controle de apontamento devem ser alimentados por uma fonte de energia elétrica adequada e receber os sinais de controle apropriados para a varredura da direção do lóbulo principal.

### 3.3.1.2 Amplificador de Baixo Ruído (LNA)

A função do Amplificador de Baixo Ruído (LNA – *Low Noise Amplifier*) da Figura 2.3.1-1 é amplificar o sinal de RF modulado recebido pela antena com baixa degradação da sua relação sinal/ruído. Para isto a temperatura de ruído (ou temperatura equivalente de ruído) do LNA,  $T_{LNA}$ , deve ser suficientemente baixa.

O bloco Receptor indicado na Figura 3-3 é composto por quatro blocos. Sua temperatura de ruído,  $T_{RX}$ , é dada por (HA, 1990, p. 85):

$$T_{RX} = T_{LNA} + T_{FRI}/G_{LNA} + T_{CONV}/(G_{LNA} \cdot G_{FRI}) + T_{FI}/(G_{LNA} \cdot G_{FRI} \cdot G_{CONV}) \quad (3-1)$$

em que os parâmetros  $T_{FRI}$ ,  $T_{CONV}$  e  $T_{FI}$  são, respectivamente, a temperatura de ruído dos blocos Filtro Rejeita Imagem, Conversor de Frequências e Processamento da FI, e os parâmetros  $G_{LNA}$ ,  $G_{FRI}$  e  $G_{CONV}$  são, respectivamente, o ganho de potência dos blocos LNA, Filtro Rejeita Imagem e Conversor de Frequências.

Inspecionando-se a expressão 3-1, verifica-se que a principal contribuição para a temperatura de ruído do Receptor é a temperatura de ruído do LNA uma vez que a contribuição da temperatura de ruído de cada bloco após o LNA é diminuída pelo ganho de potência total dos blocos que o antecedem.

Normalmente, no projeto do Receptor, defini-se o ganho do LNA suficientemente alto de forma a minimizar a contribuição de ruído dos demais blocos. Esse ganho, todavia, não pode ser excessivamente alto para não reduzir a faixa dinâmica dos sinais de entrada do Receptor e para não o tornar mais suscetível a sinais interferentes fora da faixa de frequências de operação.

A temperatura de ruído do sistema,  $T$ , necessária para a determinação da figura de mérito da estação, “ $G/T$ ”, é dada por:

$$T = T_{ANT} + T_{RX} \sim T_{ANT} + T_{LNA} \quad (3-2)$$

Há duas hipóteses subjacentes à expressão  $T = T_{ANT} + T_{RX} \sim T_{ANT} + T_{LNA}$  (3-2: **a**)

os terminais da antena estão conectados diretamente à entrada do LNA (isto é, não há trecho de cabo ou guia de interconexão); **b**) o plano de referência para o cálculo da  $G/T$  é a entrada do LNA.

Caso a hipótese “a” não seja válida, deverá ser considerada a cascata da antena com o trecho de cabo/guia de interconexão o que afetará a temperatura de ruído ( $T_{ANT}$ ) e o ganho ( $G$ ) da antena.



(a)



(b)



(c)

Figura 3-5. Antenas para três tipos distintos de estação terrena receptora.

- a) Antena da estação terrena do INPE em Cuiabá;  
Fonte: <http://www.inpe.br/crc/galeria/>;
- b) Antena da estação terrena em banda S da empresa Ispispace (refletor com 3 m de diâmetro);  
Fonte: <https://www.ispispace.nl/product/full-ground-station-kit-s-band/>;
- c) Antena planar em banda L para uso com modem SBD Iridium (dimensões 41 mm x 38 mm x 12 mm);  
Fonte: <https://www.rock7.com/shop-product-detail?productId=15>).

A temperatura da antena na extremidade do trecho de cabo/guia pode ser calculada pela expressão generalizada da cascata de quadripolos ruidosos da qual a expressão 3-1 é um caso particular. O ganho da antena no mesmo plano de referência é simplesmente o ganho da antena referido aos seus terminais diminuído do valor da perda do trecho de cabo/guia.

Portanto, observando-se as ressalvas acima quanto à interconexão da antena e do LNA, a figura de mérito “G/T” da estação terrena receptora é dada por:

$$(G/T) = G / (T_{ANT} + T_{RX}) \sim G / (T_{ANT} + T_{LNA}). \quad (3-3)$$

A importância dessa figura de mérito ficará mais evidente nos parágrafos a seguir.

### 3.3.1.3 Filtro Rejeita Imagem (FRI)

O papel do bloco Filtro Rejeita Imagem (FRI) é eliminar, ou ao menos atenuar, o ruído e os sinais presentes na saída do LNA na banda de frequências correspondente ao chamado “canal imagem”. A existência desse canal é intrínseca ao processo de mistura (“batimento”) de frequências realizado no bloco Conversor de Frequências com o objetivo de se obter um canal de frequências intermediárias (FI), normalmente com frequências mais

baixas que as do canal do sinal de RF de entrada. O FRI, portanto, melhora tanto o desempenho de ruído do Receptor (diminui a  $T_{RX}$ ) como diminui sua susceptibilidade a sinais interferentes no canal imagem.

Dependendo dos requisitos específicos da estação terrena, a função de rejeição dos sinais no canal imagem pode ser complementada por um filtro rejeita imagem na entrada do LNA. Neste caso, a perda desse filtro degrada diretamente o desempenho de ruído do Receptor. Note-se que o eventual filtro de entrada não evita a degradação do desempenho de ruído do Receptor causada pelo ruído próprio do LNA na banda de frequências do canal imagem. Devido a isto, somente o filtro rejeita imagem na saída do LNA é mandatório.

A rejeição do Receptor ao ruído e aos sinais interferentes no canal imagem também é melhorada à medida que o ganho do LNA for menor nesse canal em comparação com o seu ganho no canal do sinal de RF de entrada. Em outras palavras, a resposta em frequência do LNA pode impactar positivamente nessa rejeição.

#### **3.3.1.4 Conversor de Frequências**

O bloco Conversor de Frequências tem a função de converter a frequência do canal de RF de entrada do Receptor para a frequência do canal de frequência intermediária ou canal de FI. Esse bloco pode envolver internamente uma ou mais conversões de frequência de forma que, em correspondência, ele pode ter uma ou mais FIs e canais de FI.

De maneira geral e historicamente, a FI de saída do bloco é mais baixa que a frequência do canal de RF de entrada. Em projetos mais sofisticados de Receptor, o bloco Conversor pode incluir dupla ou tripla conversão de frequências nos quais, eventualmente, a primeira FI pode ser mais alta que a frequência do sinal de RF.

Os benefícios usuais do emprego de um bloco de conversão de frequências são a maior facilidade de obtenção de seletividade e ganho altos bem como a redução da frequência do sinal de RF de entrada para facilitar, do ponto de vista técnico e/ou tecnológico, o processamento do sinal de RF. Uma fração significativa da seletividade e ganho totais da estação terrena é implementada no bloco Conversor de Frequências.

Outra função do bloco Conversor é a implementação do controle automático de ganho (CAG) do Receptor o que, eventualmente, pode também envolver o bloco Processador de FI. O CAG permite que a estação terrena opere adequadamente com os diferentes níveis de sinal de RF oriundos do satélite dentro da faixa de valores especificada.

Os principais componentes eletrônicos do Conversor de Frequências são do tipo misturador (*mixer*), oscilador de RF, filtro passa-faixa, amplificador e atenuador variável.

#### **3.3.1.5 Processador de FI**

A principal função do bloco Processador de FI é demodular o sinal de RF recebido pela estação terrena e fornecer uma réplica dos dados enviados pela carga útil dentro dos requisitos de qualidade especificados (distorção de amplitude/fase e relação sinal-ruído ou taxa de erro de bit (BER)). Em muitos projetos esse bloco também gera

o sinal de controle para acionamento do Controle Automático de Ganho (CAG) do Receptor. Quando o bloco é realizado com a tecnologia de Rádio Definido por *Software* ele também pode, eventualmente, implementar a última FI do Receptor, e o canal correspondente, no domínio digital.

Para executar corretamente a sua função o sub-bloco Demodulador, que faz parte do bloco Processador de FI, requer que o nível do seu sinal de entrada esteja dentro de limites adequados bem como que a relação sinal-ruído esteja acima de um determinado valor mínimo.

O nível do sinal de entrada do Demodulador é mantido dentro da faixa adequada por meio da ação do CAG. A relação sinal-ruído na entrada é, normalmente, determinada por meio da relação portadora/ruído C/N (*Carrier-to-Noise*), dada pela expressão:

$$(C/N) = (EIRP_S / A_{EL,ED} \cdot A_{tot,ED}) \cdot (1 / k \cdot B) \cdot (G/T) \quad .(3-4)$$

em que:

$EIRP_S$  – Potência Isotrópica Irradiada Efetiva (*Effective Isotropic Radiated Power*) do transmissor da carga útil, em Watts;

$A_{EL,ED}$  – Atenuação do espaço livre do enlace de descida (satélite – estação terrena), adimensional;

$A_{tot,ED}$  – Atenuação total do enlace de descida (satélite – estação terrena), adimensional;

$k$  – Constante de Boltzman ( $1,38 \times 10^{-23}$  J/K);

$B$  – largura de banda do sinal de RF modulado do transmissor da carga útil, em Hertz;

$G/T$  – Figura de mérito da estação terrena receptora.

A atenuação do espaço livre do enlace de descida é dada por (HA, 1990, p. 131):

$$A_{EL,ED} = (4\pi \cdot f_{ED} \cdot d_{ED}/c)^2 \quad (3-5)$$

em que:

$f_{ED}$  – Frequência do sinal de RF do enlace de descida, em Hertz;

$d_{ED}$  – Distância da antena do transmissor da carga útil até a antena da estação terrena, em metros;

$c$  – velocidade da luz, em metros por segundo.

A atenuação total do enlace de descida é a composição de todas as atenuações do sinal de RF do enlace de descida, excetuando-se a atenuação do espaço livre. Considerando-se como principais atenuações as perdas na atmosfera, a perda por descasamento de polarização do sinal de RF recebido e da antena da estação terrena, e as perdas devido ao erro de apontamento das antenas do transmissor da carga útil e da estação terrena, tem-se a expressão:

$$A_{\text{tot,ED}} = A_{\text{Atm}} \cdot A_{\text{Ap,TX,T}} \cdot A_{\text{Ap,RX,S}} \cdot A_{\text{Pol}} \quad (3-6)$$

em que:

$A_{\text{Atm}}$  – Atenuação causada por perdas na atmosfera, adimensional;

$A_{\text{Ap,TX}}$  – Atenuação devido ao erro de apontamento da antena do transmissor da carga útil, adimensional;

$A_{\text{Ap,RX}}$  – Atenuação devido ao erro de apontamento da antena do estação terrena, adimensional;

$A_{\text{Pol}}$  – Atenuação devido ao descasamento da polarização do sinal de RF recebido e a da antena da estação terrena, adimensional.

A expressão 3-4 explicita a relação existente entre as figuras de mérito da estação terrena, (G/T), e do sistema de transmissão da carga útil do satélite, EIRP<sub>s</sub>.

Se a modulação do sinal de RF emitido pelo satélite for analógica, a avaliação da relação sinal-ruído de entrada requerida pelo Demodulador é feita através da relação portadora-ruído, dada pela expressão 3-4. Se a modulação for digital, a avaliação deve ser feita através da relação energia do bit-densidade espectral de ruído,  $E_b/N_0$ , dada pela expressão (HA, 1990, p. 21):

$$(E_b/N_0) = T_b \cdot B \cdot (C/N) \quad (3-7)$$

em que  $T_b$  é a duração do bit, em segundos, e B e C/N foram definidos acima.

A relação sinal-ruído mínima requerida na entrada do Demodulador para que os dados na saída do Receptor tenham a qualidade especificada é função do tipo específico de modulação analógica (FM, PM etc.) ou digital (FSK, BPSK, QPSK etc.), obtida da teoria de modulação, e das características do Demodulador, definidas no projeto do sub-bloco. O nível do sinal de entrada necessário também é função do tipo de modulação e das características do Demodulador e é definido no seu projeto.

### **3.3.1.6 Condicionamento de Energia**

O bloco Condicionamento de Energia condiciona a energia fornecida pelas fontes primárias gerando fontes secundárias de energia que alimentam os blocos Antena, LNA, Conversor de Frequências e Processador de FI da estação terrena.

As fontes de energia primárias são, tipicamente, a rede de energia elétrica de corrente alternada convencional e conjuntos de painéis solares, mas pode incluir outros tipos como, por exemplo, geradores de energia elétrica a diesel.

O condicionamento de energia é um termo bastante amplo que abrange desde ações simples, como o controle liga/desliga da fonte primária, até ações mais complexas como, por exemplo, proteção contra surtos de tensão, proteção contra descargas atmosféricas, proteção contra curto-circuito, limitação de corrente, conversões

AC/DC, DC/AC e DC/DC, controle de carga e descarga de eventual bateria integrante do bloco, sinais para monitoramento e controle remoto do bloco.

As fontes de energia secundária são, normalmente, tensões contínuas (DC) de valores adequados para os circuitos dos diversos blocos da estação, mas podem também incluir tensões alternadas (AC) no caso da existência de motores para a varredura mecânica da antena.

### 3.3.2 Estações terrenas de dados do tipo TX

As cargas úteis do segundo grupo da seção 2.2 consistem, basicamente, em um transponder e antena que recebem informações do solo por meio de um sinal de radiofrequência (RF) modulado e o processa adequadamente de forma a permitir a transmissão das informações recebidas a bordo do satélite de volta para a Terra.

A Figura 3-6 mostra o diagrama de blocos funcionais simplificado de uma estação terrena transmissora que envia informações para o satélite.

Idealmente, os dados recebidos a bordo do satélite pelo transponder são uma réplica perfeita dos dados do solo, disponíveis na entrada da estação terrena da Figura 3-6. Na prática, os dados no satélite contêm erros e distorções em relação aos dados de solo os quais precisam ser quantificados e limitados.

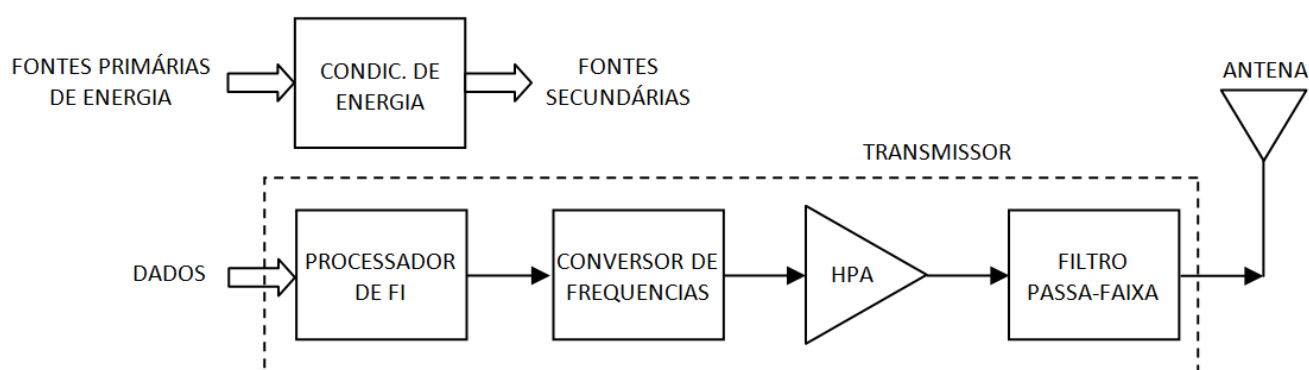


Figura 3-6. Diagrama de blocos simplificado de uma estação terrena TX.

Fonte: CGEE.

O processo de transmissão de dados do solo para o satélite tem três grandes componentes: a estação terrena, o espaço livre entre a antena da estação terrena e a antena do satélite e o transponder e antena embarcados no satélite. As características desses componentes e seu impacto na distorção e degradação dos dados recebidos são identificados e especificados na fase de definição do sistema espacial, particularmente na etapa de análise e cálculo do enlace de comunicação. A distorção e a degradação dos dados a bordo são, normalmente, determinadas a partir do nível do sinal de RF modulado recebido pela antena e pela sua relação sinal-ruído.

Quando a estação terrena da Figura 3-6 está corretamente dimensionada com referência aos requisitos do sistema espacial do qual ela faz parte, a estação consegue transmitir um sinal de RF cuja potência está dentro dos limites mínimo e máximo especificados.

Além da potência do sinal de RF, a avaliação do desempenho da estação terrena também deve considerar sua emissão de ruído e de sinais espúrios fora da banda de frequências necessária para a transmissão das informações de solo. Deve ser analisada a possibilidade de o ruído e sinais espúrios emitidos interferirem tanto em outros satélites como em receptores terrestres.

O desempenho da estação terrena transmissora é definido por diversos parâmetros, mas dentre eles se destaca a Potência Isotrópica Irradiada Efetiva ou EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*). Esse parâmetro, bem como uma breve descrição dos blocos que compõem a estação terrena, são apresentados nos parágrafos a seguir.

### **3.3.2.1 Processador de FI**

As principais funções do bloco Processador de FI são gerar o sinal de frequência intermediária (FI) e modulá-lo com os dados disponibilizados na entrada do bloco, resultando em um sinal de FI modulado. A modulação requerida pelo sistema espacial pode ser analógica ou digital. Em muitos projetos esse bloco também recebe o sinal de controle para acionamento do Controle Automático de Nível ou ALC (*Automatic Level Control*), que mantém a potência do sinal de RF de saída do Transmissor (ver bloco pontilhado na Figura 3-6) dentro da faixa de valores especificada.

O bloco Processador de FI pode ser implementado com a tecnologia de *hardware* ou de Rádio Definido Por *Software*. No caso da implementação em *hardware*, seus principais componentes são do tipo oscilador, modulador, filtro, amplificador e atenuador variável.

### **3.3.2.2 Conversor de Frequências**

O bloco Conversor de Frequências tem a função de converter a frequência do sinal de FI modulado proveniente do bloco Processador de FI para a frequência do canal de RF de saída do Transmissor. Esse bloco pode envolver internamente mais que uma conversão de frequências de forma que, em correspondência, além da FI de entrada e canal associado, ele pode ter outras FIs e seus respectivos canais.

Os benefícios usuais do emprego de um bloco de conversão de frequências são a viabilização da modulação, no bloco Processador de FI, de uma portadora com frequência mais baixa que a do sinal de RF de saída do Transmissor, e a maior facilidade de obtenção de seletividade e ganho altos nesta frequência. Uma fração significativa da seletividade e ganho totais da estação terrena é implementada no bloco Conversor de Frequências.

Uma função adicional do bloco Conversor é a implementação do controle automático de nível ou ALC do Transmissor o que, eventualmente, pode também envolver o bloco Processador de FI.



O Conversor de Freqüências é implementado em *hardware* e seus principais componentes eletrônicos são do tipo misturador (*mixer*), oscilador de RF, filtro passa-faixa, amplificador e atenuador variável.

### 3.3.2.3 Amplificador de Potência (HPA)

A função do Amplificador de Potência ou HPA (*High Power Amplifier*) da Figura 3-6 é amplificar o sinal de RF modulado de saída do bloco Conversor, com baixa distorção, até um nível de potência que permita atender o requisito de nível do sinal de entrada da antena da estação terrena.

As distorções causadas pelo HPA no sinal modulado são bastante dependentes de sua linearidade. Baixo grau de distorção requer amplificadores mais lineares. Maior linearidade resulta, normalmente, em menor eficiência de potência RF/DC o que, salvo a necessidade de potências de RF muito altas, não é um grande problema para equipamentos de solo.

A baixa linearidade do HPA pode gerar sinais espúrios, como harmônicos e produtos de intermodulação com frequência fora da banda de informações do sinal modulado que, se forem irradiados pela antena da estação, podem causar interferência em outros satélites e estações receptoras terrestres.

### 3.3.2.4 Filtro Passa Faixa (FPF)

O papel do bloco Filtro Passa-Faixa (FPF) é eliminar, ou ao menos atenuar, o ruído e os sinais espúrios presentes na saída do HPA, fora da banda de frequências correspondente ao canal de RF de saída do Transmissor.

Como o sinal de entrada do Filtro é de alta potência é importante que sua perda seja baixa. Em projetos específicos de estações terrenas nos quais os níveis e tipos de espúrios na saída do HPA são conhecidos pode-se, eventualmente, utilizar um filtro de outro tipo (passa-baixa ou rejeita-faixa) que possua perda menor que o passa-faixa e permita o cumprimento do requisito de espúrios global da estação terrena.

### 3.3.2.5 Antena da estação terrena

A função da antena é transformar o sinal de RF modulado presente nos seus terminais, proveniente diretamente do Filtro Passa-Faixa ou por meio de um trecho de guia de ondas ou de cabo coaxial, em uma onda eletromagnética que possa ser irradiada para o espaço na direção do satélite.

A antena é caracterizada por diversos parâmetros elétricos entre os quais podem ser destacados: 1) faixa de frequências de operação; 2) ganho; 3) diagrama de irradiação; 4) polarização; 5) potência máxima de entrada; 6) impedância de entrada; 7) tipo de conexão (guia/coaxial). As dimensões da antena, peso e forma de fixação são parâmetros mecânicos relevantes para a instalação e operação da antena.

A Potência Isotrópica Irradiada Efetiva ou EIRP da estação terrena,  $EIRP_{ET}$ , é dada pela expressão:

$$EIRP_{ET} = P_{TX} \cdot G$$

(3-8)

em que:

$P_{TX}$  – Potência do Transmissor (ver bloco tracejado na Figura 3-6), em Watts;

G – Ganho da antena, adimensional.

Se o Transmissor não está conectado diretamente nos terminais da antena, é preciso considerar a perda introduzida pela conexão (trecho de guia ou cabo coaxial). Se a perda desse componente for representada por  $A_{Cabo}$ , adimensional, a expressão 3-8 deve ser alterada substituindo-se  $P_{TX}$  por  $(P_{TX}/A_{Cabo})$ .

Normalmente, os componentes HPA e FPF da Figura 3-6 são montados bastante próximos dos terminais da Antena para minimizar a perda na conexão ( $A_{Cabo}$ ). Nesse caso, os demais blocos do Transmissor podem ser montados mais distantes da Antena. O impacto da perda introduzida pela conexão da entrada do HPA aos demais blocos é facilmente eliminado através do aumento do ganho da cadeia dos blocos, uma vez que a potência do sinal nesse ponto é muito baixa.

A EIRP é uma importante figura de mérito de uma estação transmissora porque a partir dela é possível determinar o nível do sinal recebido pela estação receptora, como indicado na expressão 3-4. Quanto maior a EIRP, maior será o nível do sinal recebido na estação receptora.

A expressão 3-8 mostra que a EIRP pode ser aumentada aumentando-se a potência do Transmissor, o ganho da Antena, ou ambos. Normalmente, em projetos específicos de estação terrena transmissora, é adotada uma solução de compromisso entre os valores da potência do Transmissor e do ganho da Antena de forma a atender a EIRP requerida e, simultaneamente, atender aos demais requisitos bem como considerar fatores como custo, limitações tecnológicas, etc. envolvidos no aumento da potência do HPA e do ganho da Antena. O aumento da potência do HPA acarreta o aumento da energia para alimentá-lo, o que pode ser um problema nas estações com limitação de consumo de energia das fontes primárias. Por outro lado, ao se aumentar o ganho da antena ela se torna mais diretiva, exigindo alguma forma de apontamento da antena para o satélite, o que pode acarretar dificuldades operacionais. O aumento do ganho também acarreta o aumento das dimensões da antena o que, dependendo do tipo específico de antena utilizado, diminui sua portabilidade.

As propriedades de irradiação de uma antena independem do seu funcionamento como receptora ou transmissora de sinais. Assim, a discussão das propriedades diretivas da antena da estação terrena receptora feita na seção 3.3.1 pode ser utilizada na presente seção.

O aumento do ganho da Antena e, conseqüentemente, da sua diretividade tem o efeito positivo de diminuir a possibilidade de interferência do sinal transmitido em outros satélites que estejam próximos da direção de apontamento da Antena para o satélite desejado. Essa situação é a mesma ilustrada na Figura 3-3, considerando-se, agora, o sinal irradiado pela antena em solo.

A importância da consideração dos lóbulos secundários da antena da estação terrena transmissora está no fato que a estação também irradiará seu sinal nas direções desses lóbulos o que pode causar interferência em outros satélites e em estações receptoras terrestres.

Alguns parâmetros físicos da antena como dimensões, peso e forma de fixação impactam na sua instalação e operação, e, também, na portabilidade da estação terrena. Sistemas espaciais com *Cubesats* ou SPPs podem ter, eventualmente, o requisito de disponibilidade de estações terrenas portáteis que possam ser transportadas de um local para outro, instaladas e operadas com relativa facilidade. A ilustração da Figura 3-4, de antenas de recepção com características bastante distintas, também se aplica às antenas de transmissão.

Quando a antena possui varredura mecânica ou eletrônica, seus motores e/ou circuitos de controle de apontamento devem ser alimentados por uma fonte de energia elétrica adequada e receber os sinais de controle apropriados para a varredura da direção do lóbulo principal.

#### **3.3.2.6 Condicionamento de Energia**

O bloco Condicionamento de Energia condiciona a energia fornecida pelas fontes primárias gerando fontes secundárias de energia que alimentam os blocos Processador de FI, Conversor de Frequências, HPA e Antena da estação terrena.

Esse bloco tem as mesmas funções e funcionamento descritos na seção anterior para o caso da estação terrena receptora.

#### **3.3.3 Estações terrenas de dados do tipo TRX**

Pode-se analisar a estação terrena de dados do tipo TRX como uma composição de uma estação RX e uma estação TX, cujos diagramas de blocos simplificados são os mesmos mostrados, respectivamente, na Figura 3-3 e na Figura 3-6.

A estação RX desempenha seu papel de recepção de dados típico, descrito na seção 3.3.1, e a estação TX tem um papel que depende do sistema espacial específico considerado, como ilustrado no início da seção 3.1.

Se as frequências de recepção e transmissão são muito diferentes é provável que os tipos das antenas RX e TX também o seja e a estação terrena TRX terá duas antenas distintas. Eventualmente, caso ambas antenas requeiram varredura mecânica do lóbulo principal, elas podem ser montadas em um único suporte mecânico para essa finalidade. Pode também ocorrer que uma antena possua varredura mecânica e a outra eletrônica. Nesse caso, elas serão tratadas como duas antenas completamente separadas.

Se as frequências de recepção e transmissão são próximas, pode ser viável selecionar uma única antena que opere em ambas as frequências. Nessa situação é preciso acrescentar ao diagrama de blocos das estações um Diplexador (*Diplexer*) que realizará a separação dos sinais recebido e transmitido pela antena. Nessa condição, a comunicação da estação terrena com o satélite é *full-duplex*, indicando que o fluxo de sinais em ambos os

sentidos (Terra-satélite e satélite-Terra) pode ocorrer simultaneamente. Se as frequências de recepção e transmissão forem iguais não será possível transmitir e receber sinais ao mesmo tempo, embora o fluxo de sinais ocorra em ambos os sentidos, caracterizando uma comunicação do tipo *half-duplex*. O uso de uma antena única nesta situação requer a inclusão de um Duplexador (*Duplexer*) que conectará, alternadamente, a antena ao Receptor e ao Transmissor. A Figura 3-7 mostra esquematicamente a conexão do Diplexador e do Duplexador nas estações TRX.

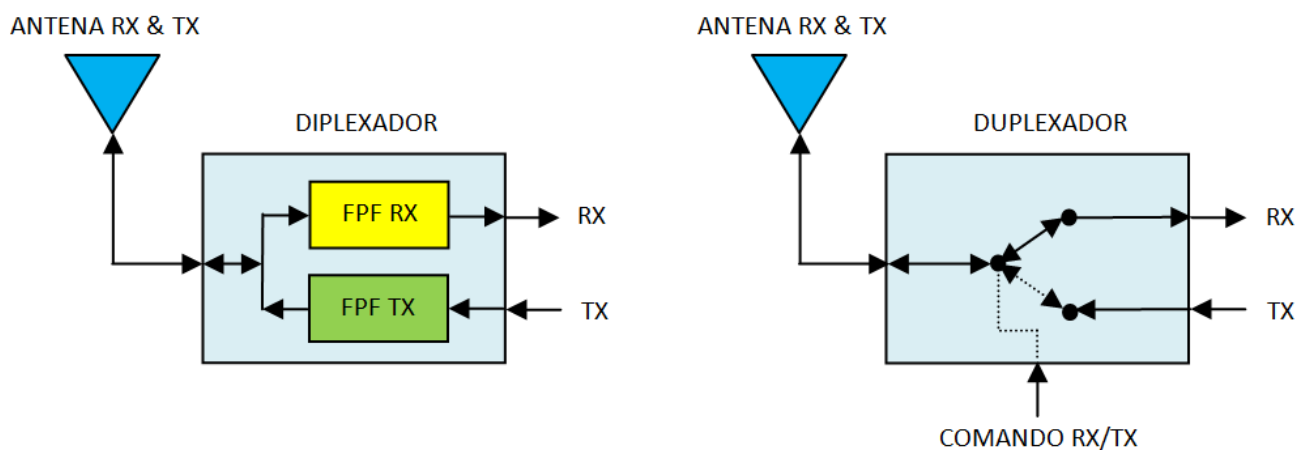


Figura 3-7. Conexão do Diplexador e Duplexador nas estações terrenas TRX.

Fonte: CGEE.

### 3.4 Estações terrenas de controle

Como visto acima, a função das estações terrenas de controle é estabelecer enlaces de comunicação com os satélites em órbita de forma a permitir o monitoramento e controle de suas plataformas.

### 3.5 Estações terrenas mistas (dados e controle)

Nas estações terrenas mistas ocorre uma mistura dos dados da carga útil com as informações relativas ao monitoramento e controle da plataforma satelital. Como exemplo, em um satélite de baixo custo com carga útil para imageamento da Terra, todas as telemetrias do satélite, incluindo as de status da plataforma, podem ser enviadas conjuntamente com os dados de imagem. No solo, as telemetrias da plataforma têm que ser encaminhadas para o Segmento COS da Figura 2-2.

### 3.6 Tecnologias das estações terrenas

Observando-se os diagramas de bloco das estações terrenas das seções acima se constata que, basicamente, as estações requerem tecnologias para a construção da antena e para o processamento de sinais de RF e de FI.

Os tipos das antenas são muito variados e muitos deles utilizam a mesma tecnologia utilizada para outras aplicações em solo como, por exemplo, antenas do tipo Yagi, helicoidais e com refletores parabólicos. Quando a antena é do tipo impresso, a tecnologia requerida é um pouco menos usual, principalmente quando a antena é de transmissão. Outra situação menos usual é o uso de redes de antenas impressas para obtenção de alto ganho ( $> 10 - 20$  dB). O uso de antenas receptoras impressas, especialmente as planares, de baixo ganho, ficou bastante difundido pela sua aplicação em receptores GPS (*Global Positioning System*). A necessidade de varredura mecânica ou eletrônica é outro requisito tecnológico, embora outros equipamentos como os radares já usem essas tecnologias.

## 4 Estações terrenas para sistemas espaciais com SPPs

O objetivo desta seção é o levantamento no mercado nacional e global de estações terrenas para sistemas espaciais que utilizam satélites de pequeno porte (SPP) e especialmente *Cubesats*. O interesse maior da pesquisa é nas estações portáteis.

A recepção de dados e o monitoramento e controle das plataformas satelitais podem ser realizados por meio de estações terrenas próprias ou através da compra de serviços de fornecedores especializados.

As estações próprias, por sua vez, podem ser adquiridas de terceiros, como um produto de prateleira ou com pouca engenharia não-recorrente, ou serem o resultado do desenvolvimento de engenharia próprio.

Desta forma, podem ser pesquisados no mercado três tipos de produtos e serviços: a) estações terrenas de prateleira; b) partes e componentes para o desenvolvimento próprio das estações; c) serviços de recepção de dados e de monitoramento e controle de plataformas satelitais.

O resultado da pesquisa inicial dos três itens acima é apresentado no Apêndice A.

### 4.1 Estações terrenas para a missão BRISA

Nessa seção, como um estudo de caso, serão pesquisadas estações terrenas passíveis de serem utilizadas na missão BRISA (CGEE, 2021).

O objetivo da missão BRISA é a utilização de um *Cubesat* em órbita baixa para o imageamento da Terra nas faixas do visível e infravermelho curto (SWIR) do espectro eletromagnético, gerando pacotes de dados que devem ser transmitidos para a Terra durante os períodos de visada do satélite por uma ou mais estações terrenas.

Faz parte da missão BRISA o recebimento a bordo de mensagens curtas de dados que possam ser retransmitidas para o solo estabelecendo, desta forma, um sistema básico de comunicações.

As próximas seções apresentam alguns dados e hipóteses sobre a missão BRISA, uma avaliação preliminar dos enlaces satelitais e uma pesquisa de estações terrenas comerciais com potencial para utilização na missão.

#### 4.1.1 Dados e hipóteses da missão BRISA

Como mencionado em documentos anteriores, o pacote de dados referente à composição de uma imagem no visível e no SWIR mais os dados de controle associados tem o tamanho de 2,5 MB. Esse pacote representa o volume de dados mínimo que deve ser transmitido para o solo durante o tempo de visada do *Cubesat* BRISA pela estação terrena. É desejável que mais de uma imagem seja recebida nesse intervalo de tempo.

O tempo de visada depende de vários fatores com destaque para a altitude da órbita do satélite e para a elevação mínima da estação terrena. Assumindo-se elevação mínima de 20° e altitude de 800 km, o tempo de visada é de ~15 minutos para estações terrenas localizadas no plano de órbita.

Deduz-se, então, que a taxa de transmissão de dados não pode ser muito baixa para que seja viável o envio para a Terra de vários pacotes de dados. A taxa de 256 kbps, por exemplo, permite a transmissão de um pacote de dados em aproximadamente 10 segundos. A taxa de 1.024 kbps permite o envio do mesmo pacote em aproximadamente 2,5 segundos e é a taxa de dados assumida na presente seção.

Neste trabalho, que contém apenas uma avaliação inicial e preliminar do enlace de descida do satélite BRISA, não será considerado o uso de códigos corretores de erro de forma que a taxa de bits efetiva do transmissor BRISA é igual à taxa de dados efetiva de 1.024 kbps assumida acima.

A banda necessária para a transmissão dos dados depende, dentre outros fatores, da taxa de bits efetiva do transmissor e do tipo de modulação. A modulação QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) é frequentemente empregada em transmissores de alta taxa de dados embarcados em satélites devido a sua simplicidade e eficiência espectral.

A modulação QPSK requer largura de banda de transmissão (de Nyquist) igual à taxa de bits de forma que, para a taxa de 1.024 kbps assumida acima, é necessária a largura de banda aproximada de 1 MHz.

A frequência do enlace de descida é outro importante parâmetro da missão a ser definido. Pode-se consultar a Tabela 3-5 considerando-se que a missão BRISA possa ser enquadrada no serviço SPE (Pesquisa Espacial) ou no serviço SETS (Exploração da Terra). A escolha das possíveis frequências precisa de um dado adicional, não incluído na Tabela 3-5, que é a largura de banda permitida nas faixas de frequências desses serviços. As faixas de VHF e UHF não comportam a largura de banda desejada (1 MHz). Restam a banda L e superiores, as quais devem ser investigadas em maior profundidade em um segundo estudo da missão.

Outro aspecto a ser considerado na definição dos parâmetros da missão é a disponibilidade de equipamentos de prateleira para a construção do *Cubesat* BRISA, em particular do transmissor de dados da carga útil. Uma pesquisa preliminar da disponibilidade comercial desse equipamento mostrou a existência de transmissores para a banda S com a largura de banda adequada. Os transmissores para a banda X encontrados destinam-se a enlaces de comunicação com largura de banda muito superior (~ 50 MHz).

Baseando-se nos últimos parágrafos e como primeira abordagem do enlace de comunicação da missão BRISA, será considerado o enlace de descida em banda S, em função das frequências permitidas para os serviços, largura de banda desejada e disponibilidade de equipamentos de prateleira no mercado global.

A potência do transmissor BRISA em banda S, considerando-se a disponibilidade comercial citada acima, é 1 W ou 2 W.

Considerando, ainda, o uso de equipamentos de prateleira, a antena do transmissor em banda S a ser utilizada é do tipo impressa planar, com o diagrama de irradiação mostrado na Figura 4-1.

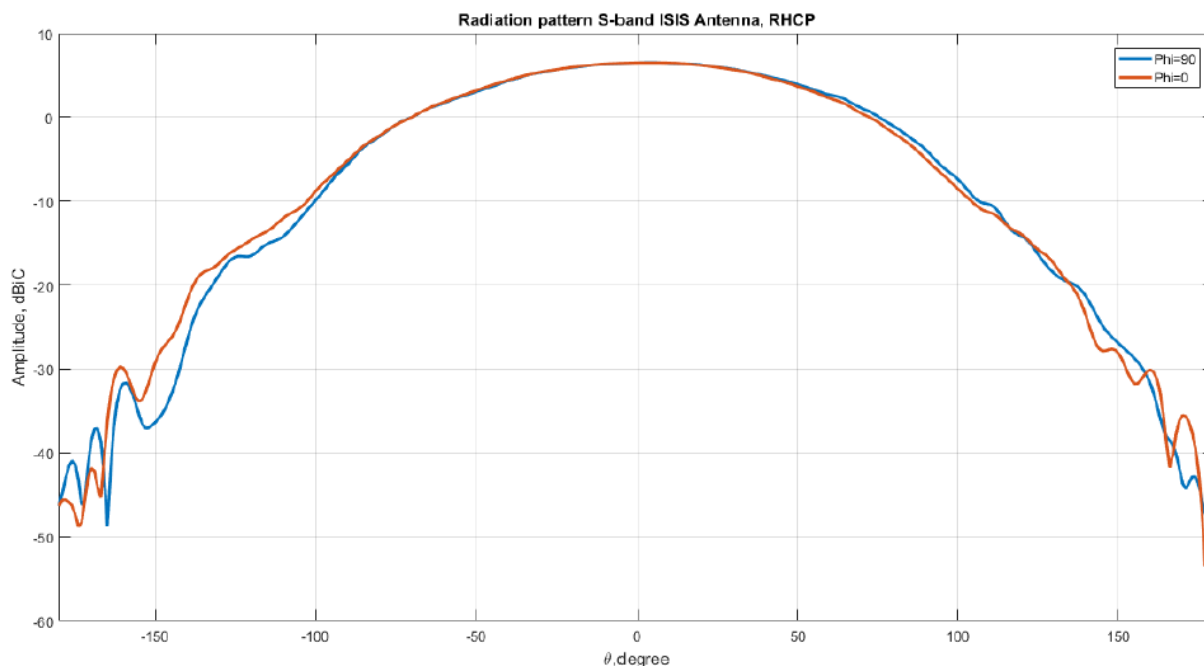


Figura 4-1. Diagrama de irradiação da antena BRISA em banda S.

Fonte: ISIS (2021).

A taxa de erro de bits (BER) do sistema de recepção em solo deve ser menor que  $10^{-5}$ .

#### 4.1.2 Enlace de dados em banda S da missão BRISA

No cálculo do enlace em banda S da missão BRISA, as perdas mais significativas consideradas são a perda do espaço livre ( $A_{EL}$ ), perda por erro de apontamento das antenas ( $A_{Apon}$ ) e perda por descasamento de polarização ( $A_{Pol}$ ).

Para a altitude de órbita definida acima de 800 km tem-se que a máxima distância entre o *Cubesat* BRISA e a estação terrena é 1.750 km. Considerando-se a frequência de operação de 2.200 MHz obtém-se  $A_{EL} = 164$  dB.

A perda por apontamento da antena do satélite pode ser estimada com base na Figura 4-1. Para o ângulo de elevação de  $20^\circ$  o satélite enxergará a estação terrena a um ângulo de  $56^\circ$  a partir da direção de máximo ganho. Isto resulta em uma queda de aproximadamente 6 dB no ganho da antena e ela pode ser utilizada como o valor da atenuação por erro de apontamento da antena do satélite, isto é  $A_{Apon,S} = 6$  dB.

Considerando-se como a antena da estação terrena uma parábola de 2,9 m de diâmetro, o ganho na posição de máximo é de  $\sim 30$  dB o que corresponde a largura de feixe de 3 dB do lóbulo principal de  $\sim 3^\circ$ . Para um erro de apontamento dessa antena de  $1^\circ$  tem-se uma queda no ganho de da ordem de 2 dB, ou seja,  $A_{Apon,ET} = 2$  dB.

Estimando-se a perda por descasamento de polarização como sendo 2 dB, isto é,  $A_{Pol} = 2$  dB, tem-se que a perda total do enlace é igual a  $A_{EL} + A_{Apon,S} + A_{Apon,ET} + A_{Pol} = 174$  dB.



Para a modulação QPSK e BER =  $10^{-5}$  tem-se que a relação sinal-ruído (C/N) mínima na estação terrena deve ser 9,5 dB o que requer que seu (G/T) seja pelo menos 8 dB e 5 dB para, respectivamente, potências de transmissão do *Cubesat* BRISA de 1 W e 2 W.

#### 4.1.3 Estações de dados em banda S para a missão BRISA

As estações em banda S para a missão BRISA são as mostradas na Tabela 4-1. Inspeccionando-se o valor de (G/T) dessas estações verifica-se que elas atendem o requisito da missão, sem margem, somente quando a potência de transmissão do satélite é 2 W.

Tabela 4-1. Estações terrenas de dados em banda S para a missão BRISA.

	Fabricante				
	Alenspace	GomSpace	ISIS		Satlab
Tipo de antena	Parábola				
Ganho da antena (dBic)	31,34	26	31,4	35,4	~33
Diâmetro antena (m)	1,9	1,2	1,9	3,0	2,4
LNA/LNC ganho (dB)	40	37	(2)	(2)	(2)
LNA/LNC figura de ruído (dB)	1	(2)	(2)	(2)	(2)
G/T (dB/K)	4,9 <sup>(1)</sup>	(2)	4,9	8,6	9
Modulação	(2)	QPSK	OQPSK		GMSK
Taxa de bits/símbolo	(2)	(500 a 7000) kBd	(625 a 5000) kBd		(32 – 512) kbps
Protocolo	(2)	CCSDS <sup>(3)</sup>	CCSDS <sup>(3)</sup>		(2)
Precisão de apontamento	(2)	0,1° <sup>(4)</sup>	< 0,2° <sup>(4)</sup>		< 1°

(1) – Valor não fornecido pelo fabricante. Por similaridade com a estação da ISIS, foi atribuído o valor de 4,9 dB/K;

(2) – Valores não fornecidos;

(3) – Consultative Committee for Space Data Systems;

(4) – Os valores parecem muito baixos.

Fonte: CGEE.

#### 4.1.4 Estações de controle para a missão BRISA

As estações de controle para *Cubesat* disponíveis comercialmente operam nas bandas VHF e UHF e podem ser utilizadas na missão BRISA.

#### 4.1.4.1 Tendências tecnológicas das estações terrenas para SPPs

Avalia-se que as estações terrenas de dados e de controle para missões espaciais baseadas em satélites de pequeno porte (SPP) e *Cubesat* devem ter como metas de destaque o baixo custo e a portabilidade.

A meta de custo das estações é alinhada com o objetivo de baixo custo global das missões espaciais com *Cubesats* e SPPs comparativamente às missões com satélites de médio e grande porte. A redução de custo das estações deve estar associada não somente ao custo reduzido dos equipamentos propriamente ditos, mas também com a diminuição de outros itens de custo como os de transporte, instalação e operação.

A meta de portabilidade é consequência da aplicação pretendida para muitas missões espaciais com *Cubesats* e SPPs que têm como objetivo levar dados (voz, imagem, Internet etc.) para usuários em localidades remotas ou afastadas dos centros urbanos com grande infraestrutura tecnológica. Nessa situação são necessárias estações terrenas que possam ser facilmente transportadas para esses locais, instaladas e operadas com o mínimo de infraestrutura e pessoal especializado. Essas características, como visto na seção 2, são compatíveis com estações portáteis ou móveis, mas não com as fixas.

A descrição do funcionamento básico das estações terrenas da seção 2 mostrou que as principais tecnologias envolvidas são a de antenas e a de processamento de sinais.

No caso das antenas, a portabilidade e o custo da estação são favorecidos quando outros requisitos (ganho, frequências de operação, potência de transmissão etc.) viabilizam o uso de antenas impressas, com ou sem varredura eletrônica.

A tecnologia de redes de antenas impressas (com ou sem varredura eletrônica do lóbulo principal) está no estado da arte da tecnologia de antenas, mas não representa uma ruptura tecnológica uma vez que, apesar da melhoria constante do desempenho dos produtos, ela está em uso já faz algum tempo.

A Figura 4-2, parte ( a ), mostra um exemplo de uma antena planar com varredura mecânica em dois eixos, bandas L e S (WTW, 2018). A antena mostrada foi desenvolvida para rastreamento de mísseis, mas pode ser empregada em estações terrenas satelitais. A parte (b) da Figura 4-1 ilustra a facilidade de transporte da antena.

O processamento de sinais das estações terrenas, já há algum tempo, utiliza a tecnologia de Rádio Definido Por *Software* (RDS) que é bastante aderente aos quesitos de baixo custo, flexibilidade e portabilidade. A parcela do processamento de sinais feita em *hardware* é pequena e não coloca, normalmente, dificuldades com relação a esses quesitos.

A tecnologia RDS está no estado-da-arte da tecnologia de processamento de sinais, mas não representa uma ruptura tecnológica sendo de uso corrente em muitos equipamentos.



( a )



( b )

Figura 4-2. Antena planar para as bandas L e S, varredura mecânica.

( a ) – Vista da antena WTW-LS 20.

( b ) – Ilustração da facilidade de manuseio e transporte.

Fonte: WTW (2018).

## 5 Ecossistema para desenvolvimento de missões espaciais

O desenvolvimento de uma missão espacial requer um ambiente adequado no qual a disponibilização dos recursos e a execução das ações necessárias ocorrem tempestivamente. Esses recursos são de natureza bastante variada, incluindo itens intangíveis, como informação, conhecimento, processos / procedimentos em áreas diversas como, por exemplo, ciência, tecnologia, qualidade, legislação, comércio e logística, e itens tangíveis, também de diversos tipos, como pessoas, instituições, partes e materiais, equipamentos e infraestrutura de fabricação, integração e testes.

Nesse contexto, o termo “ambiente” não se refere a um espaço físico limitado, mas a um espaço físico amplo, talvez de um país, onde pessoas e instituições se relacionam conforme arranjo predefinido, fornecem os insumos necessários e desenvolvem suas atividades. A forma de organização e de relacionamento são itens intangíveis do “ambiente”.

Em um ambiente organizado, os recursos e os correspondentes fornecedores estão identificados com nível de detalhamento suficiente, bem como está definida a forma de relação entre eles, constituindo-se, assim, um ecossistema.

É desejável que o país venha a possuir um ecossistema com capacidade de desenvolvimento de missões espaciais completas, especialmente aquelas que utilizem satélites de pequeno porte e *Cubesats* alinhando-se, desta forma, com as tendências globais recentes.

O foco do presente trabalho é a investigação inicial do status de alguns componentes desse ecossistema no tocante ao tema sistema de estações terrenas do segmento solo das missões espaciais.

### 5.1 Fontes de informações científicas e tecnológicas

As fontes de informações científicas e tecnológicas de interesse para o sistema de estações terrenas em pauta devem ser periodicamente atualizadas. O resultado do levantamento mais recente no escopo desse trabalho é apresentado no Apêndice B.

### 5.2 Fontes de informações noticiosas

O acompanhamento do estado da arte das tecnologias e de outros assuntos relevantes para o tema desse trabalho depende, em parte, do acompanhamento das notícias dos veículos especializados. O Apêndice C apresenta os resultados da última atualização das fontes noticiosas.

### 5.3 Principais eventos técnicos

A atualização dos eventos técnicos importantes, direta ou indiretamente, para o sistema de estações terrenas de missões espaciais com satélites de pequeno porte e *Cubesats* é apresentada no Apêndice D.

### 5.4 Principais instituições com atuação na área

As instituições com diversos fins, com atuação direta ou indireta no tema de interesse, são fundamentais para o ecossistema a ser desenvolvido. O levantamento realizado até o momento é apresentado no Apêndice E.

Note-se que as instituições listadas oferecem diferentes produtos e serviços relacionados às estações terrenas, incluindo os próprios serviços de recepção de dados e de monitoramento e controle do segmento espacial.

## 6 Ciclo de vida das missões espaciais – segmento solo

Wertz e Larson (1992) dividem o ciclo de vida das missões espaciais em quatro fases, duas das quais divididas em subfases, como mostrado na Tabela 6-1. Nesta tabela, também estão indicadas as principais atividades de cada fase/subfase.

Tabela 6-1. Fases do ciclo de vida das missões espaciais conforme Wertz e Larson (1992).

FASE	SUBFASE	PRINCIPAIS ATIVIDADES
Exploração do conceito	<i>Análise das necessidades</i>	Definição dos requisitos básicos e das restrições da missão baseado em: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetivos da missão;</li> <li>• Conceito da missão;</li> <li>• Macro Cronograma;</li> <li>• Custo do ciclo de vida.</li> </ul>
	<i>Desenvolvimento do conceito</i>	Reavaliação dos requisitos básicos; Desenvolvimento e avaliação de conceitos de missão alternativos; Desenvolvimento e avaliação de arquiteturas de missão alternativas; Estimativa de: desempenho, custo do ciclo de vida, cronograma, risco, sustentabilidade; Definição dos requisitos de sistema preliminares.
Desenvolvimento detalhado	<i>Demonstração e validação</i>	Revisão dos requisitos de sistema; Projeto do sistema; Revisão do projeto do sistema; Projeto preliminar dos elementos do sistema (segmento espacial, segmento solo); Revisão do projeto preliminar.
	<i>Desenvolvimento do gerenciamento e engenharia</i>	Projeto detalhado dos elementos do sistema; Fabricação e teste dos modelos de engenharia dos elementos do sistema; Revisão crítica do projeto; Qualificação dos elementos do sistema conforme plano de qualificação; Revisão de qualificação conforme plano de qualificação.

FASE	SUBFASE	PRINCIPAIS ATIVIDADES
Produção e lançamento		Fabricação e teste dos subsistemas de voo; Montagem, integração e teste (AIT) do satélite; Lançamento do satélite; Fabricação, instalação e teste dos subsistemas de solo.
Operação e suporte		Comissionamento da missão; Operação da missão; Encerramento da missão.

Fonte: Baseada em Wertz e Larson (1992).

Ainda segundo Wertz e Larson (1992), as missões espaciais em geral são compostas pelos elementos ou componentes mostrados na Figura 6-1 os quais, organizados de uma forma particular, definem a arquitetura da missão espacial. Dentre os elementos da Figura 6-1 estão as estações terrenas, foco do presente trabalho, outros elementos do segmento solo e elementos dos segmentos espacial e lançador.

É importante notar que a arquitetura da missão espacial é definida na fase inicial do ciclo de vida de missões de satélites mostrado na Tabela 6-1 e revisada ao longo das demais fases do ciclo.

Nas próximas seções serão abordadas as capacidades das organizações e a capacitação dos recursos humanos necessárias para o desenvolvimento das estações terrenas, um dos componentes do segmento solo, ao longo do ciclo de vida da missão espacial.

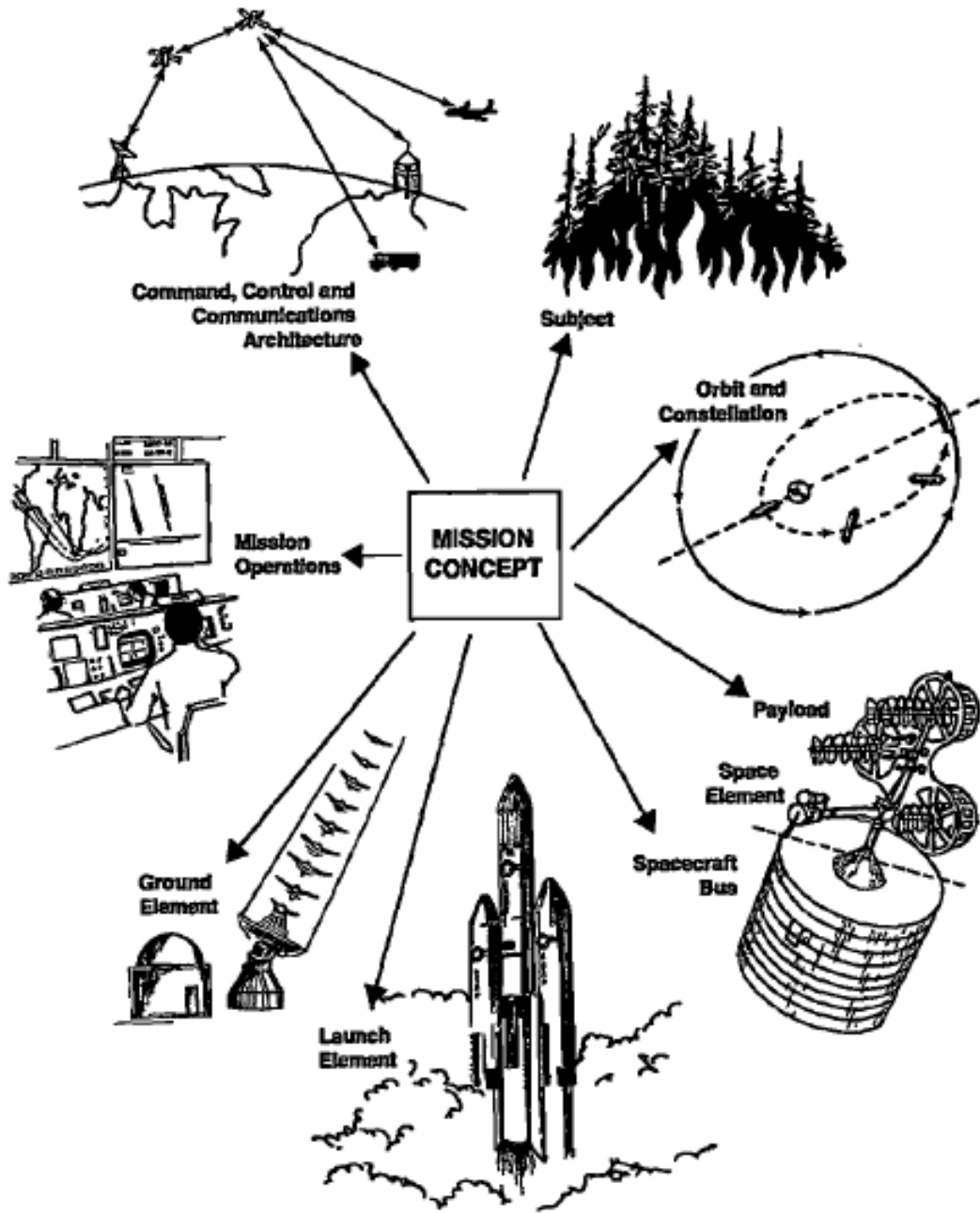


Figura 6-1. Composição da arquitetura de uma missão espacial.

Fonte: Wertz e Larson (1999, p.11).



## 7 Desenvolvimento de estações terrenas – Capacidade nacional

Para o desenvolvimento e execução de uma missão espacial são necessárias, em primeiro lugar, organizações (empresas e/ou instituições) que assumam a responsabilidade sobre a missão completa ou partes dela, de maneira que todo o trabalho requerido para o sucesso da missão seja executado da forma e no tempo apropriados. Essas organizações, por sua vez, necessitam de recursos humanos, ferramentas e infraestrutura que resultem nas capacidades que serão utilizadas na execução de todas as atividades do ciclo de vida da missão, delineado na seção 6.

As capacidades específicas de uma organização dependem das capacidades de seus recursos humanos e das ferramentas e infraestrutura que ela possui, ou às quais tem acesso.

Esta seção tem por objetivo fazer um levantamento das capacidades das organizações nacionais para o desenvolvimento de estações terrenas de dados e de controle para missões espaciais com satélites de pequeno porte, ênfase em *Cubesats*. O levantamento dos recursos humanos com as capacidades necessárias é objeto da seção 4.

A Tabela 7-1 apresenta a definição utilizada neste trabalho das classes de satélite baseadas na sua massa.

Tabela 7-1. Classificação dos satélites pela sua massa.

MASSA (kg)	CLASSIFICAÇÃO DOS SATÉLITES		ABREVIATURA
	CLASSE	SUBCLASSE	
0,1 – 1	Satélite de Pequeno Porte (SPP)	Picossatélite	PicS
1 – 10		Nanossatélite	NanS
10 – 100		Microssatélite	MicS
100 – 1000		Pequeno/Médio Satélite	PMS
> 1000	Satélite de Grande Porte	--	SGP

Fonte: Baseada em CGEE (2018, p. 9).

Os *Cubesats* são uma categoria particular de nanossatélites que utiliza uma arquitetura de desenvolvimento aberta e relativamente padronizada para os subsistemas mais comuns (CGEE, 2018, p. 9). Eles são construídos a partir de um módulo básico, na forma de um cubo com aresta de 10 cm, ou utilizando uma combinação de dois ou mais desses módulos. Nesta e nas próximas seções os *Cubesats* serão identificados como CubS.

Na abordagem adotada para a avaliação da capacidade nacional, em primeiro lugar são levantadas as principais capacidades necessárias para o desenvolvimento das missões espaciais de interesse, com destaque para o desenvolvimento das estações terrenas por ser o foco do presente trabalho. Em seguida, as organizações são avaliadas quanto à posse dessas capacidades.

O levantamento das necessidades pode ser feito seguindo-se o fluxo das atividades das fases de uma missão espacial descrito na Tabela 6-1. A primeira capacidade, todavia, pode ser identificada antes mesmo da consulta a esta tabela e trata-se da capacidade de gerenciamento do desenvolvimento da missão espacial.

Em segundo lugar, é preciso ter capacidade em engenharia de sistemas nas áreas dos subsistemas embarcados no satélite, interface com o lançador e segmento solo. Portanto, o grupo de sistemas, liderado tecnicamente pelo responsável pelo gerenciamento da missão, realizará a análise e definição da missão ao longo da fase Exploração do Conceito e parte da subfase *Demonstração e Validação* da Tabela 6-1. Ao término destas atividades os sistemas que compõem a missão estarão definidos através do conjunto de requisitos do sistema.

A continuação do levantamento das capacidades necessárias, após a definição dos sistemas da missão relatada acima, depende da escolha do modelo de desenvolvimento da missão:

- a) desenvolvimento completamente nacional: satélite nacional com o maior percentual viável de subsistemas, equipamentos e serviços nacionais; idem segmento solo;
- b) desenvolvimento híbrido: satélite nacional com mistura de subsistemas, equipamentos e serviços nacionais e importados, balanceados de acordo com os critérios estabelecidos pelos patrocinadores (*sponsors*) da missão; idem segmento solo;
- c) aquisição no mercado internacional: satélite completo adquirido no mercado internacional de acordo com os critérios estabelecidos pelos patrocinadores da missão; segmento solo com maior percentual viável de itens importados, adquiridos de acordo com os critérios estabelecidos pelos patrocinadores da missão.

## 7.1 Desenvolvimento completamente nacional

Neste caso, o grupo de sistemas também deverá ter a capacidade de coordenação do sistema de garantia do produto a ser aplicado no desenvolvimento da missão, bem como a capacidade de acompanhamento das aquisições / desenvolvimentos nacionais dos subsistemas, equipamentos e *softwares*.

No parágrafo acima se fez uma distinção entre “desenvolvimento” da missão e “desenvolvimento” dos subsistemas, equipamentos e *softwares*. No primeiro caso, o termo “desenvolvimento” será sempre usado, independentemente do status técnico dos itens de *hardware* e *software* que integrarão o satélite e o segmento solo. No segundo caso, referindo-se a subsistemas, equipamentos e *softwares*, o termo “desenvolvimento” será usado para indicar que o item da organização fornecedora precisa passar por etapas de (re)projeto, montagem, escrita de programas e testes, dentre outras, até que possa atender a sua especificação de requisitos. Caso o item de *hardware* ou *software* possa atender seus requisitos sem alterações técnicas ou de engenharia, ou com alterações consideradas pequenas, o termo “desenvolvimento” será substituído por “aquisição” ou “compra”.

Esse modelo de desenvolvimento também requer a capacidade para a montagem, integração e testes (AIT – *Assembly, Integration and Tests*) dos subsistemas e equipamentos do satélite, obtidos no mercado nacional ou no exterior, bem como a disponibilidade das ferramentas e infraestrutura necessárias. O modelo requer ainda a capacidade de instalação, integração e testes dos subsistemas e equipamentos do segmento solo.

No nível dos subsistemas e equipamentos, as organizações deverão ter a capacidade de fornecimento de produtos (*hardware* ou *software*) e de serviços.

Para maior simplicidade, será considerado fornecimento de produto a entrega de um item que requer baixo ou nenhum volume de trabalho não recorrente de engenharia ou técnico para o atendimento da especificação de requisitos recebida. Isto significa que a organização já dispõe daquele item qualificado para as condições de aplicação no satélite ou no sistema solo e apenas serão necessárias pequenas alterações / adaptações que não invalidarão a qualificação obtida anteriormente.

O fornecimento de um item que requer grande volume de trabalho não recorrente técnico ou de engenharia será considerado fornecimento de serviço (serviço de desenvolvimento do item).

Há situações em que não se tem dúvidas de que um dado fornecimento da organização é de serviço como, por exemplo, a realização de um teste vácuo-térmico de um equipamento.

Também, por simplicidade, a capacidade de fornecimento de um produto ou de um serviço pressupõe a realização de todas as atividades e viabilização de todos os meios e insumos necessários para a entrega do produto ou serviço a partir do recebimento de sua especificação. Esse pressuposto é bastante impactante na definição da capacidade de fornecimento da organização porque implica, normalmente, na execução de muitas tarefas e na viabilização de meios e insumos diversos tais como:

- a) pessoal técnico com capacidade para análise, projeto e testes nas áreas de eletrônica, estruturas mecânicas, controle térmico, EMC/EMI, placas de circuito impresso, aplicação de partes e materiais etc.;
- b) ferramentas de *software* para análise, projeto e simulação nas mesmas áreas do item acima;
- c) meios para fabricação de placas de circuito impresso, cablagem, caixas e estruturas metálicas, montagem e integração de placas eletrônicas;
- d) equipamentos e acessórios para testes funcionais nos níveis de placa, equipamento e subsistema;
- e) meios para a execução dos ensaios ambientais (térmicos, vácuo-térmicos, mecânicos) e de EMC/EMI;
- f) pessoal e meios para aquisição, recebimento e armazenamento de partes e materiais;
- g) pessoal para o gerenciamento técnico e contratual de eventuais serviços e itens de *hardware* e *software* subcontratados, incluindo o acesso à infraestrutura terrestre de comunicações utilizada pelo segmento solo;

- h) implantação e operação do sistema da qualidade que atenda aos requisitos de garantia do produto da missão.

As observações acima são aplicáveis aos subsistemas e equipamentos dos segmentos espacial e solo. Duas características distintivas do segmento solo são a utilização mais extensa de equipamentos de prateleira e os requisitos ambientais menos exigentes. Assim, em diversos subsistemas desse segmento, o desenvolvimento significa o projeto de um item de *hardware* ou de *software* para interface de um equipamento de prateleira de forma que esse atenda aos requisitos específicos da missão.

### 7.1.1 Desenvolvimento híbrido

Esse modelo de desenvolvimento requer as mesmas organização e capacidades do modelo anterior, mas com extensão e características específicas dependentes da definição dos itens que serão desenvolvidos nacionalmente e dos que serão adquiridos no mercado internacional.

### 7.1.2 Aquisição no mercado internacional

Nesse modelo, o satélite completo e os componentes do segmento solo são adquiridos no mercado internacional e, dependendo, da contratação do serviço de lançamento, o satélite pode ir ao espaço sem passar pelo território nacional.

O desenvolvimento da missão fica, em essência, restrito ao acompanhamento, pelo grupo de engenharia de sistemas, da aquisição do satélite e do desenvolvimento ou aquisição do segmento solo, e da sua posterior integração. O volume dos recursos humanos necessários nas organizações nacionais deve ser bastante reduzido em relação ao dos outros modelos de desenvolvimento da missão.

Com os satélites e o segmento solo produzidos utilizando-se um dos três modelos de desenvolvimento acima, a atividade seguinte é o lançamento do satélite, o que será feito utilizando-se um lançador adequado do mercado internacional. O gerenciamento da interface da missão com os lançadores potenciais ao longo das fases Exploração de Conceito e Desenvolvimento Detalhado, bem como a escolha final na fase Produção e Lançamento é atribuição do grupo de sistemas da missão.

O comissionamento da missão no início da fase Operação e Suporte é realizado pelo grupo de sistemas com o apoio das organizações fornecedoras dos subsistemas ou do satélite e segmento solo completos.

Esta última fase do ciclo de vida da missão requer capacidade em engenharia de sistemas com ênfase nos sistemas de solo e aspectos operacionais da missão. O grupo de sistemas para as fases anteriores inclui, certamente, o aspecto operacional, mas a maior parte das atividades do grupo naquele momento tem um viés de desenvolvimento.

Também são necessárias capacidades em controle e operação da plataforma do satélite, controle e operação da carga útil, operação da missão, interface e suporte aos usuários.

Sumarizando, os parágrafos acima apontam as principais capacidades necessárias nas organizações para o completo desenvolvimento, controle e operação das missões espaciais e dos seus componentes.

Com base nesse delineamento, a Tabela 7-2 lista as capacidades relacionadas com o segmento solo que as organizações devem possuir para: **i)** ter uma visão sistêmica desse segmento e dos seus requisitos; **ii)** desenvolver as estações terrenas; **iii)** integrar as estações terrenas ao segmento solo de forma que este atenda aos requisitos da missão espacial. Também são listadas nesta Tabela as principais ferramentas e itens de infraestrutura necessários para o desenvolvimento das estações terrenas conforme os modelos desenvolvimento completamente nacional e desenvolvimento híbrido, apresentados anteriormente.

A Tabela 7-2 não lista as capacidades, ferramentas e itens de infraestrutura para o desenvolvimento e integração dos demais componentes do segmento solo. Também não estão incluídas as capacidades necessárias para o controle e operação da missão e dos segmentos espacial e solo, nem as capacidades para a interface com os usuários e suporte a eles.

Na elaboração da Tabela 7-2 assumiu-se, com base na observação do estado da arte das missões com CubS e satélites de pequeno porte, que essas missões podem envolver enlaces de comunicações até a banda Ka.

Tabela 7-2. Capacidades, ferramentas e infraestrutura das organizações para o desenvolvimento das estações terrenas das missões espaciais com SPPs.

CAPACIDADE DA ORGANIZAÇÃO / FERRAMENTA / INFRAESTRUTURA (Tipo: Serviço (S); Produto (P); Ferramenta (F); Infraestrutura (I))			APLICAÇÕES DAS CAPACIDADES / FERRAMENTAS / INFRAESTRUTURA NAS FASES DO CICLO DE VIDA DA MISSÃO			
No.	DESCRIÇÃO SUMÁRIA	TIPO	EXPLORAÇÃO DO CONCEITO	DESENVOLVIMENTO DETALHADO	PRODUÇÃO E LANÇAMENTO	OPERAÇÃO E SUPORTE
01	Gerenciamento técnico do desenvolvimento das estações terrenas de dados e de controle de missões espaciais com CubS e satélites de pequeno porte com enlaces de comunicações até a banda Ka	S	Liderança do grupo de Engenharia de Sistemas do desenvolvimento; Aprovação das concepções das estações terrenas.	Liderança do grupo de Engenharia de Sistemas do desenvolvimento; Aprovação do plano de garantia do produto do desenvolvimento das estações terrenas; Aprovação dos Projetos Preliminares das estações terrenas; Aprovação das aquisições / desenvolvimentos detalhados das estações terrenas.	Liderança do grupo de Engenharia de Sistemas do desenvolvimento; Aprovação final das estações adquiridas / fabricadas; Aprovação final da integração das estações terrenas no segmento solo.	Liderança do comissionamento das estações terrenas.

CAPACIDADE DA ORGANIZAÇÃO / FERRAMENTA / INFRAESTRUTURA (Tipo: Serviço (S); Produto (P); Ferramenta (F); Infraestrutura (I))			APLICAÇÕES DAS CAPACIDADES / FERRAMENTAS / INFRAESTRUTURA NAS FASES DO CICLO DE VIDA DA MISSÃO			
No.	DESCRIÇÃO SUMÁRIA	TIPO	EXPLORAÇÃO DO CONCEITO	DESENVOLVIMENTO DETALHADO	PRODUÇÃO E LANÇAMENTO	OPERAÇÃO E SUPORTE
02	Engenharia de Sistemas das estações terrenas de missões espaciais com CubS e satélites de pequeno porte.	S	Interface com a Engenharia de Sistemas do segmento solo; Concepções das estações terrenas.	Avaliação do Plano de Garantia do Produto do desenvolvimento das estações terrenas; Avaliação dos Projetos Preliminares das estações terrenas; Avaliação das aquisições / desenvolvimentos detalhados das estações terrenas.	Aceitação das estações adquiridas / fabricadas; Aceitação da integração das estações terrenas no segmento solo.	Comissionamento das estações terrenas.
03	Instalação, integração e testes das estações terrenas no segmento solo.	S	Não utilizada.	Elaboração do plano de instalação, integração e testes das estações terrenas no segmento solo.	Instalação, integração e testes das estações terrenas no segmento solo.	Suporte ao comissionamento das estações terrenas.
04	Desenvolvimento de estações terrenas de dados de missões espaciais com CubS e satélites de pequeno porte (enlaces até banda Ka).	S	Suporte ao grupo de Engenharia de Sistemas das estações terrenas.	Desenvolvimento das estações terrenas de dados.	Fabricação e testes das estações terrenas de dados; Suporte à integração no segmento solo e aos testes integrados.	Suporte ao comissionamento das estações terrenas.
05	Desenvolvimento de estações terrenas de controle de missões espaciais com CubS e satélites de pequeno porte.	S	Suporte ao grupo de Engenharia de Sistemas das estações terrenas.	Desenvolvimento das estações terrenas de controle.	Fabricação e testes das estações terrenas de controle; Suporte à integração no segmento solo e aos testes integrados.	Suporte ao comissionamento das estações terrenas.

CAPACIDADE DA ORGANIZAÇÃO / FERRAMENTA / INFRAESTRUTURA (Tipo: Serviço (S); Produto (P); Ferramenta (F); Infraestrutura (I))			APLICAÇÕES DAS CAPACIDADES / FERRAMENTAS / INFRAESTRUTURA NAS FASES DO CICLO DE VIDA DA MISSÃO			
No.	DESCRIÇÃO SUMÁRIA	TIPO	EXPLORAÇÃO DO CONCEITO	DESENVOLVIMENTO DETALHADO	PRODUÇÃO E LANÇAMENTO	OPERAÇÃO E SUPORTE
06	Fornecimento de estações terrenas de dados de missões espaciais com CubS e satélites de pequeno porte (enlaces até banda Ka).	P	Suporte ao grupo de Engenharia de Sistemas das estações terrenas.	Análise de atendimento dos requisitos e identificação das necessidades de alterações.	Fabricação e testes das estações terrenas de dados; Suporte à integração no segmento solo e aos testes integrados.	Suporte ao comissionamento das estações terrenas.
07	Fornecimento de estações terrenas de controle de missões espaciais com CubS e satélites de pequeno porte.	P	Suporte ao grupo de Engenharia de Sistemas das estações terrenas.	Análise de atendimento dos requisitos e identificação das necessidades de alterações.	Fabricação e testes das estações terrenas de controle; Suporte à integração no segmento solo e aos testes integrados.	Suporte ao comissionamento das estações terrenas.
08	Ferramenta de <i>software</i> para análise e simulação de órbitas e constelações.	F	Análise e definição das estações terrenas.	Projetos Preliminares e Detalhados das estações terrenas.	Não utilizada.	Suporte ao comissionamento das estações terrenas.
09	Ferramenta de <i>software</i> para análise e simulação de enlaces de comunicações, incluindo banda base.	F	Análise e definição das estações terrenas.	Projetos Preliminares e Detalhados das estações terrenas.	Não utilizada.	Suporte ao comissionamento das estações terrenas.
10	Ferramenta de <i>software</i> para simulação eletromagnética e de circuitos de RF & Micro-ondas.	F	Análise e definição das estações terrenas.	Projetos preliminares e detalhados das estações terrenas.	Não utilizada.	Não utilizada.
11	Ferramenta de <i>software</i> para análise e simulação de confiabilidade.	F	Análise e definição das estações terrenas.	Projetos preliminares e detalhados das estações terrenas.	Não utilizada.	Não utilizada.



CAPACIDADE DA ORGANIZAÇÃO / FERRAMENTA / INFRAESTRUTURA (Tipo: Serviço (S); Produto (P); Ferramenta (F); Infraestrutura (I))			APLICAÇÕES DAS CAPACIDADES / FERRAMENTAS / INFRAESTRUTURA NAS FASES DO CICLO DE VIDA DA MISSÃO			
No.	DESCRIÇÃO SUMÁRIA	TIPO	EXPLORAÇÃO DO CONCEITO	DESENVOLVIMENTO DETALHADO	PRODUÇÃO E LANÇAMENTO	OPERAÇÃO E SUPORTE
12	Campo de medida de antenas até a banda Ka (desenvolvimento e produção).	I	Não utilizada.	Testes dos modelos de desenvolvimento das antenas.	Testes dos modelos de produção das antenas.	Não utilizada.
13	Laboratório de RF & Micro-ondas até a banda Ka (desenvolvimento e produção).	I	Não utilizada.	Testes dos modelos de desenvolvimento dos <i>Front End</i> e <i>Back End</i> .	Testes dos modelos de produção dos <i>Front End</i> e <i>Back End</i> .	Não utilizada.
14	Laboratório de comunicações digitais (desenvolvimento e produção).	I	Não utilizada.	Testes dos modelos de desenvolvimento dos blocos de FI.	Testes dos modelos de produção dos blocos de FI.	Não utilizada.
15	Áreas de fabricação, montagem e integração de cablagem, módulos e equipamentos (desenvolvimento e produção) (adequadas para os tipos específicos de <i>hardware</i> das estações terrenas).	I	Não utilizada.	Fabricação, montagem e integração de cablagem, módulos e equipamentos (modelos de desenvolvimento).	Fabricação, montagem e integração de cablagem, módulos e equipamentos (modelos de produção).	Não utilizada.

Fonte: CGEE.

A disponibilidade, nas organizações, das capacidades, ferramentas e itens de infraestrutura listados na Tabela 7-2 será avaliada conforme a convenção da Tabela 3-3.

Tabela 7-3. Convenção para avaliação das organizações conforme a Tabela 3-3.

MNEMÔNICO	AValiaÇÃO
S	SIM – Possui 100% da capacidade, ferramenta ou infraestrutura descrita na Tabela 3-2.
P	Parcial – Possui parcialmente a capacidade, ferramenta ou infraestrutura descrita na Tabela 3-2. Comentário ou observação deve esclarecer a deficiência de atendimento.
N	NÃO – Não possui a capacidade, ferramenta ou infraestrutura descrita na Tabela 3-2.
X	Avaliação Incompleta – Possui a capacidade, ferramenta ou infraestrutura descrita na Tabela 3-2, mas falta avaliar o grau de atendimento (S ou P).
Campo em branco	Não avaliada – A organização não foi avaliada quanto à posse da capacidade, ferramenta ou infraestrutura.

Fonte: CGEE.

Foi realizado um levantamento das empresas e instituições nacionais que podem participar do desenvolvimento de estações terrenas de dados com enlace de comunicações até a banda Ka e de estações de controle agregando as capacidades, ferramentas e infraestrutura identificadas na Tabela 7-2. O método de pesquisa utilizado envolveu as seguintes ações:

- a) consulta ao **Catálogo da Indústria Espacial Brasileira**, 1ª Edição, 2020, elaborado pela Agência Espacial Brasileira (AEB);
- b) consulta aos *websites* das empresas associadas à Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil (AIAB) (lista disponível em <http://www.aiab.org.br/associadas.asp>);
- c) consulta ao **Catálogo das Empresas do Setor Aeroespacial** (CESAER), atualização de 31/08/2021, elaborado pelo Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) (disponível em <https://www.ifi.cta.br/index.php/cesaer>);
- d) consulta aos *websites* das empresas associadas à Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança (ABIMDE) (lista disponível em <https://abimde.org.br/pt-br/associado/associadas/>);
- e) consulta aos *websites* das organizações indicadas por profissionais dos setores espacial e de comunicações terrestres integrantes da rede de relacionamentos da Neuron;
- f) pesquisa de informações públicas, especialmente as disponíveis na Internet.

Esse processo foi informal de maneira que os resultados obtidos devem ser utilizados com cautela. No futuro, se necessário, esse levantamento pode ser utilizado para conduzir uma consulta formal a essas organizações utilizando documentos de consulta que incluam, minimamente, a finalidade da pesquisa e cláusulas de sigilo.

As organizações consideradas para a análise de suas capacidades foram aquelas cujo fornecimento (serviço ou produto) é requerido no desenvolvimento/fornecimento das estações terrenas, independentemente da sua experiência em missões espaciais. Esse critério pareceu adequado uma vez que os requisitos de garantia do produto para o desenvolvimento/fornecimento de equipamentos de solo de missões espaciais são, usualmente, similares aos dos equipamentos destinados a aplicações terrestres de alto desempenho como, por exemplo, redes de comunicação comerciais. De qualquer forma, o grau de experiência da organização com missões espaciais fez parte do levantamento.

O resultado do levantamento realizado até o dia 30/09/21 é apresentado Tabela A-1 do Apêndice A.

Com base na pesquisa realizada e no seu resultado, têm-se as seguintes observações:

- a) há vinte e seis organizações nacionais que podem participar de alguma forma no fornecimento e desenvolvimento de estações terrenas de dados e de controle;
- b) somente três organizações têm potencial para o fornecimento das estações como um produto (Criar Space System, EMSISTI Sistemas e Telespazio). Os produtos da Criar e da EMSISTI, que trabalham em cooperação, ainda estão com baixa maturidade tecnológica (TRL 5 – 6) e não é conhecido o tempo necessário para se atingir TRL 8 – 9. No tocante aos produtos da Telespazio é necessário contato direto com a empresa para saber o que ela oferta no mercado nacional. Ela é subsidiária de empresa no exterior e, pela herança desta, é esperado que, no mercado internacional, as estações sejam ofertadas como produtos com maturidade TRL 9;
- c) há dez empresas que ofertam itens de *hardware* e *software* que são componentes das estações terrenas e podem ser utilizados pelas organizações que venham a desenvolvê-las;
- d) há vinte organizações que podem participar de alguma forma do serviço de desenvolvimento das estações. A forma de participação pode variar da responsabilidade de desenvolvimento de um componente das estações até a responsabilidade de desenvolvimento das estações completas. Dentre as vinte organizações, há três empresas (Geotronic, Neuron e Omnisys) que podem assumir o desenvolvimento das estações completas. As dezessete organizações restantes precisam ser diretamente contatadas para saber o grau de responsabilidade que podem assumir no desenvolvimento desses produtos.

## 8 Desenvolvimento de estações terrenas – Recursos humanos

Para que as organizações tenham as capacidades da na Tabela 7-2 da Seção 7 são necessários recursos humanos com as capacidades listadas na Tabela 8-1. Esses recursos integrarão equipes de desenvolvimento dos blocos funcionais das estações terrenas de dados e de controle vistos nas seções de 3 a 6. Adicionalmente, deve ser considerado o bloco “Controle da Estação” que inclui os *softwares*, computador e elementos de interface de *hardware* para a configuração e controle dos demais blocos, bem como para a operação das estações.

Na Tabela 8-1 não foram listadas as capacidades de pessoal de nível médio (técnico) e de nível auxiliar técnico tais como ajuste, teste e integração dos módulos eletrônicos dos equipamentos; elaboração de *layouts* de placas de circuito impresso; montagem de componentes eletrônicos em placas e fabricação de cablagem. De maneira geral, as capacidades relacionadas com a fabricação e montagem podem ser obtidas treinando-se os profissionais necessários (técnicos e auxiliares técnicos) oriundos de setores industriais como, por exemplo, o da indústria de equipamentos eletrônicos de consumo. Por outro lado, as capacidades de nível médio associadas ao desenvolvimento / projeto / verificação requerem, normalmente, profissionais provenientes de ambientes de desenvolvimento e maior período de tempo para serem desenvolvidas.

Tabela 8-1. Principais capacidades de RH necessárias para o desenvolvimento das estações terrenas das missões espaciais com SPPs.

CAPACIDADE DO RH		APLICAÇÕES DAS CAPACIDADES DE RH NAS FASES DO CICLO DE VIDA DA MISSÃO			
No.	DESCRIÇÃO SUMÁRIA	EXPLORAÇÃO DO CONCEITO	DESENVOLVIMENTO DETALHADO	PRODUÇÃO E LANÇAMENTO	OPERAÇÃO E SUPORTE
01	Gerenciamento técnico do desenvolvimento de estações terrenas de dados e controle de missões espaciais com CubS e satélites de pequeno porte.	Liderança do grupo de Engenharia de Sistemas do desenvolvimento; Aprovação das concepções das estações terrenas.	Liderança do grupo de Engenharia de Sistemas do desenvolvimento; Aprovação do plano de Garantia do Produto do desenvolvimento das estações terrenas; Aprovação dos Projetos Preliminares das estações terrenas; Aprovação das aquisições / desenvolvimentos detalhados das estações terrenas.	Liderança do grupo de Engenharia de Sistemas do desenvolvimento; Aprovação final das estações adquiridas / fabricadas; Aprovação final da integração das estações terrenas no segmento solo.	Liderança do comissionamento das estações terrenas.
02	Engenharia de Sistemas das estações terrenas de dados e controle de missões espaciais com CubS e satélites de pequeno porte.	Interface com a Engenharia de Sistemas do segmento solo; Concepções das estações terrenas.	Interface com a Engenharia de Sistemas do segmento solo; Avaliação do Plano de Garantia do Produto do desenvolvimento das estações terrenas; Avaliação dos Projetos Preliminares das estações terrenas; Avaliação das aquisições / desenvolvimentos detalhados das estações terrenas.	Interface com a Engenharia de Sistemas do segmento solo; Aceitação das estações adquiridas / fabricadas; Aceitação da integração das estações terrenas no segmento solo.	Interface com a Engenharia de Sistemas do segmento solo; Comissionamento das estações terrenas.

CAPACIDADE DO RH		APLICAÇÕES DAS CAPACIDADES DE RH NAS FASES DO CICLO DE VIDA DA MISSÃO			
No.	DESCRIÇÃO SUMÁRIA	EXPLORAÇÃO DO CONCEITO	DESENVOLVIMENTO DETALHADO	PRODUÇÃO E LANÇAMENTO	OPERAÇÃO E SUPORTE
		Interface com a Engenharia de Sistemas das estações terrenas. <i>(Obs: mesma capacidade, RHs distintos).</i>	Interface com a Engenharia de Sistemas das estações terrenas; Integração e teste do Modelo de Desenvolvimento das estações terrenas. <i>(Obs: mesma capacidade, RHs distintos).</i>	Interface com a Engenharia de Sistemas das estações terrenas; Integração e teste do Modelo de Produção das estações terrenas. <i>(Obs: mesma capacidade, RHs distintos).</i>	Interface com a Engenharia de Sistemas das estações terrenas; Suporte ao comissionamento das estações terrenas. <i>(Obs: mesma capacidade, RHs distintos).</i>
03	Coordenação da Garantia do Produto do desenvolvimento das estações terrenas de dados e controle de missões espaciais com CubS e satélites de pequeno porte.	Interface com a Engenharia de Sistemas das estações terrenas; Participação na Concepção do sistema de Garantia do Produto do segmento solo.	Interface com a Engenharia de Sistemas das estações terrenas; Elaboração do Plano de Garantia do Produto do desenvolvimento das estações terrenas; Coordenação da Garantia da Qualidade da aquisição / desenvolvimento das estações terrenas.	Interface com a Engenharia de Sistemas das estações terrenas; Coordenação da Garantia da Qualidade da aquisição / produção das estações terrenas; Coordenação da Garantia da Qualidade da integração no segmento solo.	Interface com a Engenharia de Sistemas das estações terrenas; Suporte ao comissionamento das estações terrenas; Coordenação da Garantia da Qualidade do comissionamento.
04	Engenharia de Desenvolvimento – Antenas VHF – Banda Ka.	Apoio ao grupo de Engenharia de Sistemas das estações terrenas.	Projetos preliminares das antenas das estações terrenas; Aquisições / projetos detalhados das antenas das estações terrenas.	Aquisição / produção das antenas das estações terrenas; Suporte à integração no segmento solo.	Suporte ao comissionamento das estações terrenas.
05	Engenharia de Desenvolvimento – Sistema de apontamento da antena da estação terrena.	Apoio ao grupo de Engenharia de Sistemas das estações terrenas.	Projetos preliminares dos sistemas de apontamento das antenas das estações terrenas; Aquisições / projetos detalhados dos sistemas de apontamento das antenas das estações terrenas.	Aquisição / produção dos sistemas de apontamento das antenas das estações terrenas; Suporte à integração no segmento solo.	Suporte ao comissionamento das estações terrenas.

CAPACIDADE DO RH		APLICAÇÕES DAS CAPACIDADES DE RH NAS FASES DO CICLO DE VIDA DA MISSÃO			
No.	DESCRIÇÃO SUMÁRIA	EXPLORAÇÃO DO CONCEITO	DESENVOLVIMENTO DETALHADO	PRODUÇÃO E LANÇAMENTO	OPERAÇÃO E SUPORTE
06	Engenharia de Desenvolvimento – <i>Front End</i> e <i>Back End</i> de RF & Micro-ondas (VHF – Ka).	Apoio ao grupo de Engenharia de Sistemas das estações terrenas.	Projetos preliminares dos <i>Front End</i> e <i>Back End</i> de RF & Micro-ondas; Aquisições / Projetos detalhados dos <i>Front End</i> e <i>Back End</i> de RF & Micro-ondas.	Aquisição / produção dos <i>Front End</i> e <i>Back End</i> de RF & Micro-ondas; Suporte à integração no segmento solo.	Suporte ao comissionamento das estações terrenas.
07	Engenharia de Desenvolvimento – Processamento de sinais de FI (DEM & MOD), analógicos e digitais (HW e SW).	Apoio ao grupo de Engenharia de Sistemas das estações terrenas.	Projetos preliminares dos blocos de FI das estações terrenas; Aquisições / Projetos detalhados dos blocos de FI das estações terrenas.	Aquisição / produção dos blocos de FI das estações terrenas; Suporte à integração no segmento solo.	Suporte ao comissionamento das estações terrenas.
08	Engenharia de Desenvolvimento – Condicionamento de energia	Apoio ao grupo de Engenharia de Sistemas das estações terrenas.	Projetos preliminares dos blocos de condicionamento de energia das estações terrenas; Aquisições / Projetos detalhados dos blocos de condicionamento de energia das estações terrenas.	Aquisição / produção dos blocos de condicionamento de energia das estações terrenas; Suporte à integração no segmento solo.	Suporte ao comissionamento das estações terrenas.
09	Engenharia de Desenvolvimento – Redes terrestres de comunicação de dados.	Apoio ao grupo de Engenharia de Sistemas das estações terrenas.	Projeto preliminar da rede de comunicação de dados das estações terrenas; Projeto detalhado da rede de comunicação de dados das estações terrenas.	Integração e teste da rede de comunicação de dados das estações terrenas; Suporte à integração no segmento solo.	Suporte ao comissionamento das estações terrenas.

CAPACIDADE DO RH		APLICAÇÕES DAS CAPACIDADES DE RH NAS FASES DO CICLO DE VIDA DA MISSÃO			
No.	DESCRIÇÃO SUMÁRIA	EXPLORAÇÃO DO CONCEITO	DESENVOLVIMENTO DETALHADO	PRODUÇÃO E LANÇAMENTO	OPERAÇÃO E SUPORTE
10	Engenharia de Desenvolvimento – Sistema de configuração, controle e interface de operação das estações terrenas.	Apoio ao grupo de Engenharia de Sistemas das estações terrenas.	Projeto preliminar do sistema de configuração, controle e interface de operação das estações terrenas; Projeto detalhado do sistema de configuração, controle e interface de operação das estações terrenas.	Produção do sistema de configuração, controle e interface de operação das estações terrenas; Suporte à integração no segmento solo.	Suporte ao comissionamento das estações terrenas.
11	Engenharia de Desenvolvimento – Instalação, integração e testes das estações terrenas de dados e de controle.	Apoio ao grupo de Engenharia de Sistemas das estações terrenas.	Plano preliminar da instalação e integração das estações terrenas de dados e de controle no segmento solo e dos testes integrados; Plano detalhado da instalação e integração das estações terrenas de dados e de controle no segmento solo e dos testes integrados.	Instalação, integração e testes das estações terrenas de dados e de controle no segmento solo.	Suporte ao comissionamento das estações terrenas.

Fonte: CGEE.



As capacidades dos profissionais serão avaliadas conforme a convenção da Tabela 8-2.

Tabela 8-2. Convenção para avaliação de RH conforme a Tabela 8-1.

MNEMÔNICO	AVALIAÇÃO
S	SIM – Possui 100% da capacidade descrita na Tabela 4-1.
P	Parcial – Possui parcialmente a capacidade descrita na Tabela 4-1. Comentário ou observação deve esclarecer a deficiência de atendimento.
N	NÃO – Não possui a capacidade descrita na Tabela 4-1.
X	Avaliação Incompleta – Possui a capacidade descrita na Tabela 4-1, mas falta avaliar o grau de atendimento (S ou P).
Campo em branco	Não Avaliada – O profissional não foi avaliado quanto à posse da capacidade.

Fonte: CGEE.

Foi realizado um levantamento dos recursos humanos nacionais que podem participar do desenvolvimento das estações terrenas de dados e de controle para missões espaciais com CubS e satélites de pequeno porte que envolvam enlaces de comunicações até a banda Ka, agregando as capacidades identificadas na Tabela 8-1. O método de pesquisa utilizado foi o da obtenção de indicações dos RH por meio da consulta a profissionais dos setores espacial e de comunicações terrestres integrantes da rede de relacionamentos da Neuron. Esse método produz resultado bem menos abrangente que o utilizado na seção 3 para a pesquisa das organizações de interesse.

Quando for executado o projeto preliminar das estações terrenas, para entrega do terceiro produto deste contrato, a concepção dos blocos funcionais das estações será detalhada o que também permitirá o detalhamento das capacidades de RH listadas na Tabela 8-2 bem como a descrição dessas capacidades em termos usuais do mercado de trabalho. Essas novas descrições possibilitarão a busca de profissionais de forma mais abrangente utilizando, por exemplo, ferramentas como o LinkedIn e similares.

Foram listados todos os profissionais pesquisados que apresentaram uma ou mais capacidades da Tabela 8-1, independentemente da sua experiência com missões espaciais, devido à similaridade dos requisitos de garantia do produto dos equipamentos de solo das missões espaciais e os dos equipamentos para aplicações comerciais de alto desempenho.

O resultado do levantamento realizado até o dia 30/09/21 é apresentado na Tabela B-1 do Apêndice B.

Com base na pesquisa de RH realizada e no seu resultado têm-se as seguintes observações:

- a) há trinta e seis profissionais no território nacional que podem ser envolvidos de alguma forma no desenvolvimento das estações terrenas de dados e de controle;
- b) todas as capacidades necessárias são atendidas por pelo menos um profissional;

- c) a capacidade para processamento de sinais de FI (capacidade 07 na Tabela 8-1) é a que possui o menor número de profissionais identificados;
- d) acredita-se que o número de profissionais para todas as capacidades, especialmente a capacidade 07, poderá ser aumentado expressivamente quando for possível utilizar as ferramentas de acesso ao mercado de trabalho como mencionado acima.

## 9 Tecnologias das estações terrenas

As principais tecnologias envolvidas na fabricação das estações terrenas de dados e de controle podem ser identificadas inspecionando-se seus blocos funcionais, como indicado nas primeiras seções deste documento.

Essas tecnologias serão brevemente abordadas na presente seção para facilitar a identificação de potenciais fornecedores nacionais dos blocos integrantes das estações e a eventual necessidade da promoção do seu desenvolvimento para que elas atinjam o grau de maturidade exigido ou sejam substituídas por outras mais avançadas.

### 9.1 Antena da estação terrena

A antena da estação terrena compreende o elemento irradiante, isto é, a antena propriamente dita, e o suporte da antena. As estações do tipo TRX podem também incluir um *Duplexer* ou um *Diplexer*, como visto nas primeiras seções deste documento.

Nas estações mais simples o apontamento do eixo da antena é fixo e o papel do suporte é simplesmente prover a fixação mecânica adequada do elemento irradiante. Quando há varredura mecânica do eixo da antena o suporte torna-se um equipamento eletromecânico mais complexo que, além de prover o suporte mecânico para o elemento irradiante, deve mover o eixo da antena em azimute e elevação de forma a mantê-lo apontado para o satélite durante sua passagem pelo campo de visada da estação terrena.

Um parâmetro de desempenho importante no caso das antenas com varredura (mecânica ou eletrônica) é o erro de apontamento. Outro parâmetro importante, tanto para as antenas com varredura como para as fixas, é a resistência aos ventos.

#### 9.1.1 Elemento irradiante

O elemento irradiante para operação nas bandas de frequências de VHF a L é, normalmente, do tipo Yagi ou hélice. Para operação nas frequências da banda S até a banda Ka podem ser utilizados elementos irradiantes com refletores parabólicos ou com outra geometria apropriada.

Há uma grande quantidade de fabricantes nacionais de antenas para as bandas em pauta e diversas aplicações de alto desempenho como, por exemplo, rádio e TV difusão, comunicações terrestres via satélite, enlaces terrestres em micro-ondas e TVRO.

Esses produtos podem ser facilmente ajustados para uso nas estações terrenas de dados e de controle.

### 9.1.2 Duplexer/Diplexer

Quando as frequências de operação RX e TX das estações estiverem nas bandas de VHF a S, o *Duplexer* pode ser construído com chaves coaxiais ou chaves eletrônicas de RF, disponíveis no mercado internacional de componentes com custo relativamente baixo.

As frequências de operação RX e TX na banda S e acima são, usualmente, diferentes o que permite o uso de *Diplexers* para a separação dos sinais de RF recebido e transmitido pelas estações. Nessas bandas os filtros que compõem o *Diplexer*, como visto nas primeiras seções deste documento, podem utilizar diversas tecnologias (*microstripline/stripline*, cavidade, guia de onda etc.) e também são encontrados com facilidade e custo adequado no mercado internacional.

Nas missões espaciais com CubS e SPPs as potências de transmissão utilizadas no segmento solo são relativamente baixas (< 100 W) o que não impõem requisitos de desempenho críticos sobre os componentes mencionados acima.

Desta forma, a construção de *Duplexers* e *Diplexers* para as estações terrenas operando nas bandas de VHF a Ka utilizam componentes e técnicas/tecnologias de integração dominadas pelas empresas nacionais que atuam normalmente na área de RF & Micro-ondas.

### 9.1.3 Suporte da antena

Quando há varredura mecânica do apontamento do eixo da antena da estação terrena, o suporte da antena requer mecanismos de controle de azimute e elevação do eixo do elemento irradiante. Esses mecanismos são normalmente construídos com redutores mecânicos e motores de passo apropriados. O acionamento dos motores é feito por uma placa eletrônica que tem como informação de entrada as velocidades de giro e as posições (azimute e elevação) desejadas.

A informação de azimute e elevação, por outro lado, é fornecida por um *software* que utiliza os dados orbitais do satélite de interesse e a posição geográfica da antena da estação terrena.

Tanto o *hardware* mecânico e eletrônico quanto o *software* são itens de domínio tecnológico por parte de organizações como o INPE e empresas nacionais como, por exemplo, Criar Space Systems, EMSISTI Sistemas e Cosmicubes (ver Apêndice A).

## 9.2 Front End e Back End de RF & Micro-ondas

O *Front End* das estações terrenas compreende os blocos LNA, Filtro Rejeita Imagem e Conversor de Frequências das estações RX vistas na seção 3. O *Back End* é composto pelos blocos Conversor de Frequências, HPA e Filtro Passa Faixa das estações terrenas TX.

As frequências do sinal de entrada do *Front End* e a do sinal de saída do *Back End* estão nas bandas de operação das estações, isto é, VHF a Ka. Os principais componentes eletrônicos utilizados nesses blocos foram identificados na Figura 3-6 e consistem em amplificadores de RF, filtros, osciladores, moduladores e atenuadores variáveis.

Esses componentes e seus circuitos são, em princípio, do domínio das empresas nacionais que trabalham com RF & Micro-ondas. Eventualmente elas precisarão de *upgrade* em seus laboratórios para trabalhar em banda Ka, mas isto também faz parte do processo normal de atualização da capacitação da empresa.

### 9.3 Processador de FI

O bloco Processador de FI das estações terrenas RX e TX do documento NT1 operam, respectivamente, com os sinais banda base digital de saída e analógico de entrada de FI e com os sinais banda base digital de entrada e analógico de saída de FI. A frequência do sinal de FI é, normalmente, abaixo de  $\sim 1$  GHz.

Por causa de aspectos bastante desejáveis como a flexibilidade de ajuste dos parâmetros de desempenho (tipo de modulação, taxa de bits, frequência de operação etc.), baixo custo, maior robustez, peso e volume baixos, a tecnologia a ser empregada no bloco Processador de FI é a Rádio Definido por *Software* (RDS).

O uso da tecnologia RDS em equipamentos de solo, diferentemente do seu emprego em equipamentos embarcados em satélites, é dominado por várias organizações nacionais. Isto se deve, parcialmente, aos requisitos menos exigentes para a operação em solo no tocante às condições ambientais, principalmente radiação, ao consumo de energia e ao nível de qualificação dos componentes, especialmente os de processamento digital.

Há algumas organizações nacionais que dominam a tecnologia RDS para aplicações de solo como, por exemplo, a Espectro e o Inatel Competence Center (ver Apêndice A).

### 9.4 Condicionamento de Energia

Como visto anteriormente, o bloco de Condicionamento de Energia gera as tensões secundárias requeridas pelos demais blocos das estações terrenas a partir do condicionamento de energia das fontes primárias como a rede elétrica de energia, baterias, painéis solares e geradores diesel.

O condicionamento dessas fontes é bastante empregado em muitos outros equipamentos de uso profissional e doméstico e as tecnologias necessárias são de domínio de várias organizações nacionais, bem como os componentes envolvidos estão disponíveis no mercado nacional. Como exemplo, a grande expansão do uso doméstico de sistemas de energia com painéis solares disponibilizou no mercado vários controladores de carga de bateria com alto desempenho que podem ser diretamente utilizados nas estações terrenas com esse tipo de fonte primária de energia.

### 9.5 Configuração, controle e operação da estação

O bloco de Configuração, Controle e Operação da estação terrena, provê meios para a configuração dos parâmetros da estação terrena como, por exemplo, frequência de operação, modos de recepção e/ou transmissão e satélites a serem rastreados. Também permite iniciar ou interromper ações da estação (recepção ou transmissão de dados, rastreamento de um satélite etc.) e provê a interface dela com os operadores locais e/ou remotos.

Consiste, essencialmente, em um *software* dedicado, executado em um computador tipo PC, que implementa a interface homem-máquina e as interfaces elétricas com os demais blocos/componentes da estação como, por exemplo, o suporte da antena, o Processador de FI e a rede pública de comunicação de dados.

As tecnologias envolvidas na construção do bloco são de uso corrente em sistemas supervisionados eletronicamente e são de domínio de muitas organizações nacionais da área de automação e monitoramento de sistemas.

## **9.6 Maturidade das tecnologias nacionais para as estações terrenas**

As tecnologias necessárias para o desenvolvimento das estações terrenas de dados e de controle foram brevemente descritas nas subseções anteriores. Com base no conhecimento de várias organizações nacionais que utilizam essas tecnologias conclui-se que a maturidade delas é, de maneira geral, adequada (TRL 8 – 9) para a sua aplicação no desenvolvimento das estações terrenas do segmento solo das missões espaciais com CubS e SPPs. Por esse motivo, conclui-se também que não são necessários esforços para a promoção do desenvolvimento adicional das tecnologias em foco.

Essas conclusões serão demonstradas de forma objetiva em um projeto que está sendo elaborado no contexto do OTE. No projeto preliminar das estações serão mostrados, para cada bloco, exemplos específicos de tecnologias/componentes/produtos das organizações nacionais que atendem aos requisitos de projeto das estações e possuem o grau de maturidade adequado.

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. **Satélites**. Disponível em: <https://anatel.gov.br/setorregulado/apresentacao-satelite>. Acessado em: 18/07/2020.
- \_\_\_\_\_. **Serviço Móvel Global por Satélite – SMGS**. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/setorregulado/servico-movel-global-por-satelite-smgs>. Acessado em 10/09/2020a.
- \_\_\_\_\_. **Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil**. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2019/1351-resolucao-716>. Acessado em 10/09/2020b.
- BRASIL. Ministério das Comunicações. **Portaria Nº 560, de 3 de novembro de 1997**. Disponível em <https://www.anatel.gov.br/legislacao/normas-do-mc/185-portaria-560>.
- CENTRO DE GESTÃO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Contrato Nº 049/2021 CGEE – NEURON ENGENHARIA**: Termo de Referência. Brasília, 2021.
- CENTRO DE GESTÃO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **CubeSats**. Brasília, DF: 2018. 46 p.
- EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION. **Space engineering**: Ground systems and operations, ECSS-E-ST-70C. Noordwijk, The Netherlands, 2008. 128 p.
- \_\_\_\_\_. **Space engineering**: System engineering general requirements, ECSS-E-ST-10C. Noordwijk, The Netherlands, 2009. 100 p.
- \_\_\_\_\_. **ECSS system**: Glossary of terms, ECSS-S-ST-00-01C. Noordwijk, The Netherlands, 2012. 63 p.
- \_\_\_\_\_. **ECSS system**: Tailoring, ECSS-S-ST-00-02C DRAFT 1. Noordwijk, The Netherlands, 2020. 25 p.
- HA, Tri T. **Digital Satellite Communications**. Second Edition. S.l.: McGraw-Hill, Copyright 1990, p.641.
- INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. **Radio Regulations**: Articles. 2016. ed. Geneva, Switzerland: ITU Library & Archives Service, 2016. 430 p.
- ISISPACE. **S-Band Patch Antenna**. Data Sheet ISIS-QMS-TPL-0045, version 0.0. Copyright 2021, Netherlands.
- WERTZ, James, R., LARSON, Wiley, J. The Space Mission Analysis and Design Process. In: LARSON, Wiley J.; WERTZ, James R. (Ed.). **Space Mission Analysis and Design**. 2. ed. Torrance: Microcosm; Dordrecht/Boston/London: Kluwer, *Copyright* 1992. p. 1-17.
- \_\_\_\_\_. The Space Mission Analysis and Design Process. In: LARSON, Wiley J.; WERTZ, James R. (Ed.). **Space Mission Analysis and Design**. 3. ed. Torrance: Microcosm; Dordrecht/Boston/London: Kluwer, *Copyright* 1999. 504 p.
- WTW, Anlagenbau GmbH. **Series WTW-LS 20 (IP64)**. Rev. 2018. Germany, 2018. 2 p.

## Apêndice A. Pesquisa de estações terrenas para SPPs

O levantamento das estações terrenas de dados e de controle para missões espaciais utilizando satélites de pequeno porte (SPP) e *Cubesats*, conforme discussão da seção 3, será registrado em uma tabela.

A Tabela A-1 apresenta os resultados do levantamento mais recente (29/07/21).

Tabela A-1. Pesquisa de estações terrenas de dados e de controle para SPPs até 29/07/21.

	Fabricante				
	Alenspace	GomSpace	ISIS		Satlab
Tipo de antena	Parábola				
Ganho da antena (dBic)	31,34	26	31,4	35,4	~33
Diâmetro antena (m)	1,9	1,2	1,9	3,0	2,4
LNA/LNC ganho (dB)	40	37	(2)	(2)	(2)
LNA/LNC figura de ruído (dB)	1	(2)	(2)	(2)	(2)
$G_e/T$ (dB/K)	4,9 <sup>(1)</sup>	(2)	4,9	8,6	9
Modulação	(2)	QPSK	OQPSK		GMSK
Taxa de bits/símbolo	(2)	(500 a 7000) kBd	(625 a 5000) kBd		(32 – 512) kbps
Protocolo	(2)	CCSDS <sup>(3)</sup>	CCSDS <sup>(3)</sup>		(2)
Precisão de apontamento	(2)	0,1 <sup>o</sup> <sup>(4)</sup>	< 0,2 <sup>o</sup> <sup>(4)</sup>		< 1 <sup>o</sup>

Fonte:CGEE.



## **Apêndice B. Pesquisa de fontes de informações de C&T**

O levantamento das fontes de informações científicas e tecnológicas de interesse para a área de estações terrenas de dados e de controle para sistemas espaciais utilizando satélites de pequeno porte (SPP) e *Cubesats* será registrado em tabela.

A Tabela B-1 apresenta os resultados do levantamento até a data de 29/07/21.

Tabela B-1. Levantamento das fontes de informações de C&T na área estações terrenas de dados e de controle até 29/07/21 (A).

### FONTES DE INFO DE C&T - ESTAÇÕES TERRENAS - ÊNFASE ESTAÇÕES TERRENAS PORTÁTEIS PARA CUBESAT

Rev.: 29/07/21

ITEM	FONTE DE INFORMAÇÃO	TIPO	N / I	URL	OBSERVAÇÕES
1	Small Spacecraft Systems Virtual Institute	Site	I	<a href="https://s3vi.ndc.nasa.gov/">https://s3vi.ndc.nasa.gov/</a>	Site da NASA para busca de informações sobre pequenos artefatos espaciais
2	International Telecommunication Union	Site	I	<a href="https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx">https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx</a>	
3	Cubesat Developers Resources	Site	I	<a href="https://www.cubesat.org/resources">https://www.cubesat.org/resources</a>	
4	ARC - Aerospace Research Central	Site	I	<a href="https://arc.aiaa.org/">https://arc.aiaa.org/</a>	ARC é uma central de divulgação dos diversos tipos de publicações (Journals, Books, Conference Papers, Standards etc.) da <b>AIAA - American Institute of Aeronautics and Astronautics</b> . Há cobertura do tema central (estações terrenas ( <i>ground stations</i> )) nas div
5	IET Digital Library	Site	I	<a href="https://digital-library.theiet.org/">https://digital-library.theiet.org/</a>	Site de acesso aos arquivos digitais de todas as publicações do <b>IET - The Institution of Engineering and Technology</b> . Somente algumas são abertas a não membros, sem pagamento, e são listadas abaixo.
6	The Journal of Engineering	Site	I	<a href="https://digital-library.theiet.org/content/journals/joe">https://digital-library.theiet.org/content/journals/joe</a>	Publicação digital do IET, acesso livre
7	IET Communications	Site	I	<a href="https://digital-library.theiet.org/content/journals/iet-com">https://digital-library.theiet.org/content/journals/iet-com</a>	Publicação digital do IET, acesso livre
8	Electronics Letters	Site	I	<a href="https://digital-library.theiet.org/content/journals/el">https://digital-library.theiet.org/content/journals/el</a>	Publicação digital do IET, acesso livre
9	Acta Astronautica	Journal	I	<a href="https://www.journals.elsevier.com/acta-astronautica">https://www.journals.elsevier.com/acta-astronautica</a>	Publicação da International Academy of Astronautics
10	Novel Ideas for Nanosatellite Constellation Missions	Livro	I	<a href="https://iaaspace.org/publications/book-series/#PUB-BookVol1">https://iaaspace.org/publications/book-series/#PUB-BookVol1</a>	Publicação da International Academy of Astronautics - IAA Book Series - Vol. 1: Small Satellites - Number 1
11	Small Satellite Missions for Earth Observation – New Mission Concepts and Technological Challenges	Livro	I	<a href="https://iaaspace.org/publications/book-series/#PUB-BookVol1">https://iaaspace.org/publications/book-series/#PUB-BookVol1</a>	Publicação da International Academy of Astronautics - IAA Book Series - Vol. 1: Small Satellites - Number 2

12	Innovative Ideas for Micro/Nano-satellite Missions	Livro	I	<a href="https://iaaspace.org/publications/book-series/#PUB-BookVol1">https://iaaspace.org/publications/book-series/#PUB-BookVol1</a>	Publicação da International Academy of Astronautics - IAA Book Series - Vol. 1: Small Satellites - Number 3
13	Small Satellites for Earth Observation – Missions & Technologies, Operational Responsive Space, Commercial Constellations	Livro	I	<a href="https://iaaspace.org/publications/book-series/#PUB-BookVol1">https://iaaspace.org/publications/book-series/#PUB-BookVol1</a>	Publicação da International Academy of Astronautics - IAA Book Series - Vol. 1: Small Satellites - Number 4
14	Inventive Ideas for Micro/Nano-Satellite - The MIC3 Report	Livro	I	<a href="https://iaaspace.org/publications/book-series/#PUB-BookVol1">https://iaaspace.org/publications/book-series/#PUB-BookVol1</a>	Publicação da International Academy of Astronautics - IAA Book Series - Vol. 1: Small Satellites - Number 5
15	Technology for Small Satellite Research – Payloads and Subsystem Technologies Small Satellite Applications, Missions, and In-Orbit Experiences	Livro	I	<a href="https://iaaspace.org/publications/book-series/#PUB-BookVol1">https://iaaspace.org/publications/book-series/#PUB-BookVol1</a>	Publicação da International Academy of Astronautics - IAA Book Series - Vol. 1: Small Satellites - Number 6
16	Innovative Ideas on Micro/Nano-Satellite Missions and Systems. Report on: Deorbit Device Competition (DDC) - Mission Idea Contest (MIC4)	Livro	I	<a href="https://iaaspace.org/publications/book-series/#PUB-BookVol1">https://iaaspace.org/publications/book-series/#PUB-BookVol1</a>	Publicação da International Academy of Astronautics - IAA Book Series - Vol. 1: Small Satellites - Number 7
17	Advances in Space Research	Journal	I	<a href="https://www.journals.elsevier.com/advances-in-space-research">https://www.journals.elsevier.com/advances-in-space-research</a>	Publicação do COSPAR - <i>Committee on Space Research</i> do ISC - <i>International Science Council</i> . Alguns artigos são de acesso livre.
18	Space Microsystems and Micro/Nano Satellites	Livro	I	<a href="https://www.sciencedirect.com/book/9780128126721/space-microsystems-and-micro-nano-satellites#book-description">https://www.sciencedirect.com/book/9780128126721/space-microsystems-and-micro-nano-satellites#book-description</a>	Publicação de 2017.
19	International Journal of Satellite Communications and Networking	Journal	I	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/journal/15420981">https://onlinelibrary.wiley.com/journal/15420981</a>	
20	Progress in Aerospace Sciences	Journal	I	<a href="https://www.journals.elsevier.com/progress-in-aerospace-sciences">https://www.journals.elsevier.com/progress-in-aerospace-sciences</a>	
21	BEACON	Site	I	<a href="https://jpl-nasa.libguides.com/beacon">https://jpl-nasa.libguides.com/beacon</a>	Provê acesso à biblioteca do JPL - <i>Jet Propulsion Laboratory</i> , em particular a docs JPL/NASA.

22	Journal of Small satellites (JoSS)	Journal	I	<a href="https://jossonline.com/">https://jossonline.com/</a>	Journal patrocinado pela Science and Technology Corporation (STC) e pelo Advanced Space Technologies Research & Engineering Center (ASTREC)
23	International Journal of Aerospace Engineering	Journal	I	<a href="https://www.hindawi.com/journals/ijae/">https://www.hindawi.com/journals/ijae/</a>	Patrocinado pela Hindawi Publishing Corp.
24	IEEE Communications Surveys & Tutorials	Journal	I	<a href="https://www.comsoc.org/publications/journals/ieee-comst">https://www.comsoc.org/publications/journals/ieee-comst</a>	Journal da Communications Society do IEEE.
25	IEEE Xplore	Site	I	<a href="https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp">https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp</a>	Livraria digital do IEEE
26	IEEE Publication Recommender	Site	I	<a href="https://publication-recommender.ieee.org/pubsearch">https://publication-recommender.ieee.org/pubsearch</a>	Site do IEEE com ferramenta de busca de eventos e <b>publicações</b> baseada em palavras chaves fornecidas ou extraídas de texto fornecido.
27	IEEE Standards Association	Site	I	<a href="https://standards.ieee.org/">https://standards.ieee.org/</a>	Acesso às normas do IEEE
28	Ames Small Satellites Portal	Site	I	<a href="https://www.nasa.gov/centers/ames/engineering/small_sat">https://www.nasa.gov/centers/ames/engineering/small_sat</a>	Portal de acesso a missões da NASA com pequenos satélites lideradas pelo Centro de Pesquisa Ames.
29	Goddard CubeSats Program	Site	I	<a href="https://cubesats.gsfc.nasa.gov/index.html">https://cubesats.gsfc.nasa.gov/index.html</a>	Acesso ao programa de cubesats do Goddard Space Flight Center da NASA.
30	Jet Propulsion Laboratory/CubeSat	Site	I	<a href="https://www.jpl.nasa.gov/cubesat/">https://www.jpl.nasa.gov/cubesat/</a>	Programa de Cubesats do JPL da NASA.
31	NASA/Small Sat Institute	Site	I	<a href="https://www.nasa.gov/smallsat-institute">https://www.nasa.gov/smallsat-institute</a>	Acesso ao Small Spacecraft Virtual Institute
32	PMPedia - Parts, materials and processes encyclopedia	Site	I	<a href="https://pmpedia.space/">https://pmpedia.space/</a>	Promovido pela Universidade do Colorado e por Aerospace.
33	WirelessBR	Site	N	<a href="http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/portal.html">http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/portal.html</a>	Site com artigos técnicos sobre o mundo "wireless" incluindo, eventualmente, questões sobre satcom, principalmente serviço móvel por satélites. Aparentemente o site foi descontinuado e seu conteúdo está em recuperação no site Portal WirelessBRASIL.
34	Portal WirelessBRASIL	Site	N	<a href="http://www.wirelessbrasil.org/">http://www.wirelessbrasil.org/</a>	Portal de notícias e informações técnicas sobre comunicações, com ênfase em "wireless", e eventualmente questões sobre satcom.
35	Mobile Networks and Applications	Site	I	<a href="https://link.springer.com/journal/11036/volumes-and-issues">https://link.springer.com/journal/11036/volumes-and-issues</a>	Journal de aspectos especiais na área de mobilidade de sistemas, usuários e computação

## **Apêndice C. Pesquisa de fontes de informações noticiosas**

O levantamento das fontes de informações noticiosas de interesse para a área de estações terrenas de dados e de controle para sistemas espaciais utilizando satélites de pequeno porte (SPP) e *Cubesats* será registrado em tabela.

A Tabela C-1 apresenta os resultados do levantamento até a data de 29/07/21.

Tabela C-1. Levantamento das fontes noticiosas na área de estações terrenas de dados e de controle até 29/07/21.

**FONTES DE NOTÍCIAS - ESTAÇÕES TERRENAS- ÊNFASE ESTAÇÕES PORTÁTEIS PARA CUBESAT**

Rev.: 29/07/21

ITEM	FONTE NOTICIOSA	TIPO	N / I	URL	OBSERVAÇÕES
1	Space Newsfeed	Blog	I	<a href="https://www.spacenewsfeed.com/">https://www.spacenewsfeed.com/</a>	
2	Spacenews	Blog	I	<a href="https://spacenews.com/">https://spacenews.com/</a>	
3	Satsearch	Blog	I	<a href="https://satsearch.co">https://satsearch.co</a>	
4	SatNews	Blog	I	<a href="https://news.satnews.com/">https://news.satnews.com/</a>	
5	NewSpace Index	Site	I	<a href="https://www.newspace.im/">https://www.newspace.im/</a>	Concise original overview of commercial satellite constellations small satellite rocket launchers and NewSpace funding options.
6	Nanosats Database	Site	I	<a href="https://www.nanosats.eu/">https://www.nanosats.eu/</a>	Base de dados sobre nanossatélites
7	Factorie in Space	Site	I	<a href="https://www.factoriesinspace.com/">https://www.factoriesinspace.com/</a>	Base de dados sobre nanossatélites
8	DefesaNet	Blog	N	<a href="https://www.defesanet.com.br/">https://www.defesanet.com.br/</a>	Blog da área de defesa que também cobre espaço
9	Brazilian Space	Blog	N	<a href="https://brazilianspace.blogspot.com/">https://brazilianspace.blogspot.com/</a>	
10	NASA Explore Space Tech	Blog	I	<a href="https://www.nasa.gov/topics/technology/news/index.html">https://www.nasa.gov/topics/technology/news/index.html</a>	Notícias relacionadas com a NASA sobre tecnologias.
11	Via Satellite	Site	I	<a href="https://www.satellitetoday.com/">https://www.satellitetoday.com/</a>	Notícias gerais relacionadas a tecnologia de satélites: negócios, tecnologias, lançamentos etc.
12	Parabolic Arc	Blog	I	<a href="http://www.parabolicarc.com/">http://www.parabolicarc.com/</a>	
13	JPL News	Site	I	<a href="https://www.jpl.nasa.gov/news/">https://www.jpl.nasa.gov/news/</a>	Notícias relacionadas ao JPL - <i>Jet Propulsion Laboratory</i> da NASA. Inclui notícias sobre atividades do JPL/NASA com CubS, NanS etc.
14	IEEE Spectrum	Site	I	<a href="https://spectrum.ieee.org/">https://spectrum.ieee.org/</a>	Site de notícias relacionadas a tecnologia e engenharia em geral. Permite classificação por tópicos. O tópico "Aerospace" inclui notícias relacionadas à tecnologia espacial e satélites.
15	Inovação Tecnológica	Site	N	<a href="https://www.inovacaotecnologica.com.br/">https://www.inovacaotecnologica.com.br/</a>	Notícias em geral. Há seção de "espaço" e ferramenta de busca que pode ser utilizada para termos específicos como "estação terrena". Aparentemente voltado para o público não especializado.
16	INPE Notícias	Site	N	<a href="http://www.inpe.br/noticias/">http://www.inpe.br/noticias/</a>	Notícias em geral relacionadas com as áreas de atuação do Instituto. Inclui notícias sobre estações terrenas.
17	AEB - Agência Espacial Brasileira	Site	N	<a href="https://www.gov.br/aeb/pt-br">https://www.gov.br/aeb/pt-br</a>	Notícias relacionadas as atividades espaciais

18	Cavok	Site	N	<a href="https://www.cavok.com.br/espaco">https://www.cavok.com.br/espaco</a>	Site de notícias sobre aviação com seção para notícias espaciais.
19	DARPA News	Site	I	<a href="https://www.darpa.mil/news">https://www.darpa.mil/news</a>	Canal de notícias da agência americana DARPA
20	Independent/Satellites	Site	I	<a href="https://www.independent.co.uk/topic/satellites">https://www.independent.co.uk/topic/satellites</a>	
21	Wired/Satellites	Site	I	<a href="https://www.wired.com/tag/satellites/">https://www.wired.com/tag/satellites/</a>	
22	Science Daily/Satellites	Site	I	<a href="https://www.sciencedaily.com/news/space_time/satellites/">https://www.sciencedaily.com/news/space_time/satellites/</a>	
23	BBC News/Communication satellites	Site	I	<a href="https://www.bbc.com/news/topics/c2y91pley79t/communications-satellites">https://www.bbc.com/news/topics/c2y91pley79t/communications-satellites</a>	
24	Satellite Evolution Group	Site	I	<a href="https://www.satellite-evolution.com/">https://www.satellite-evolution.com/</a>	
25	EuroNews/Satellite	Site	I	<a href="https://www.euronews.com/tag/satellite">https://www.euronews.com/tag/satellite</a>	
26	Em Órbita	Site	I	<a href="https://www.orbita.zenite.nu/">https://www.orbita.zenite.nu/</a>	
27	Aerospace Security	Blog	I	<a href="https://aerospace.csis.org/">https://aerospace.csis.org/</a>	O blog/site é um projeto da organização não governamental Center for Strategic and International Studies (CSIS) e tem notícias e artigos assinados sobre segurança no espaço, "governança", dos pontos de vista de defesa e civil.
28	ABRASAT - Associação Brasileira das Empresas de Telecomunicações por satélite	Site	N	<a href="https://www.abrasat.org.br">https://www.abrasat.org.br</a>	A ONG possui seção de notícias e reportagens técnicas sobre comunicações por satélite em geral e sua interface com os sistemas de comunicações terrestres.
29	Space IT Bridge	Site	I	<a href="https://www.spaceitbridge.com/">https://www.spaceitbridge.com/</a>	Site com foco em notícias do segmento espacial relacionadas com TI via redes de comunicação baseadas em satélites ( <i>Broadband</i> , <i>IoT</i> etc.).

Fonte: CGEE.

## Apêndice D. Pesquisa de eventos técnicos e científicos

O levantamento dos eventos técnicos e científicos de interesse para a área de estações terrenas de dados e controle para sistemas espaciais utilizando satélites de pequeno porte (SPP) e *Cubesats* será registrado em tabela.

A Tabela D-1 apresenta os resultados do levantamento até a data de 29/07/21.



Tabela D-1. Levantamento dos eventos técnicos e científicos na área de estações terrenas de dados e controle até 29/07/21.

### EVENTOS - ESTAÇÕES TERRENAS - ÊNFASE ESTAÇÕES PORTÁTEIS PARA CUBESATS

Rev.: 29/07/21

ITEM	EVENTO	TIPO	N / I	URL	OBSERVAÇÕES
1	CubeSat Developer's Workshop	Workshop	I	<a href="https://www.cubesat.org/workshop-information">https://www.cubesat.org/workshop-information</a>	Evento anual organizado pela ONG CUBESAT. Última edição: 27-29/Abril/2021, California, USA.
2	IAA Latin American CubeSat Workshop	Workshop	I	<a href="https://iaaspace.org/">https://iaaspace.org/</a>	Evento organizado pela IAA. Quarta edição em 03-06/08/20, plataforma digital.
3	IAA Symposium on Small Satellites for Earth Observation	Simpósio	I	<a href="https://iaaspace.org/event/13th-iaa-symposium-on-small-satellites-for-earth-observation-2021/">https://iaaspace.org/event/13th-iaa-symposium-on-small-satellites-for-earth-observation-2021/</a>	Evento organizado pela IAA. 13a. edição em 26-30/04/21, Berlin.
4	Samall Satellites Conference	Confer	I	<a href="https://smallsat.org/">https://smallsat.org/</a>	Conferência anual. 2020: 34a edição, virtual, 01-06/08/20. Smallsat é uma ONG (TBC) ligada à Utah State University.
5	IEEE Global Communications Conference	Confer	I	<a href="https://globecom2020.ieee-globecom.org/">https://globecom2020.ieee-globecom.org/</a>	Conferência anual da Sociedade de Comunicações do IEEE. Edição 2020: 7-11/12, Taipei.
6	ESA CubeSat Industry Days	Workshop	I	<a href="https://atpi.eventsair.com/QuickEventWebsitePortal/19c13-4th-esa-cubesat-industry-days/cubesat">https://atpi.eventsair.com/QuickEventWebsitePortal/19c13-4th-esa-cubesat-industry-days/cubesat</a>	Quarta edição do evento ocorreu em 4-6/06/2019. Versão especializada do evento Industry Space Days, da ESA.
7	12th European CubeSat Symposium	Simpósio	I	<a href="https://cubesatsymposium.eu/index.php?lang=en">https://cubesatsymposium.eu/index.php?lang=en</a>	Evento anual organizado pelo Instituto von Karman, da Bélgica, universidades e outras instituições européias. 12a. Edição, de 2020, adiada para 24-26 de novembro, 2021, Escola Politécnica de Paris.
8	IEEE International Microwave Symposium	Simpósio	I	<a href="https://ims-ieee.org/">https://ims-ieee.org/</a>	Simpósio anual da Sociedade de Microondas do IEEE. Edição 2020: 4-6 Agosto, plataforma digital.
9	AIAA SciTech Forum	Forum	I	<a href="https://www.aiaa.org/SciTech">https://www.aiaa.org/SciTech</a>	Evento da AIAA que inclui chamada de trabalhos na área de pequenos satélites. Última edição: 11-15/Jan/2021, Nashville, USA.
10	ASCEND	Confer	I	<a href="https://www.ascend.events/">https://www.ascend.events/</a>	Evento multidisciplinar apoiado pela AIAA e destinado a definir os rumos da futura economia espacial. Utiliza plataforma digital para diversos eventos online. Última edição: 16-18/Nov/2020, online.

11	CyberSat Com	Confer	I	<a href="https://www.cybersatsummit.com/event/commercial/">https://www.cybersatsummit.com/event/commercial/</a>	Promovido pela Via Satellite através da organização CyberSat Summits, com foco em segurança das comunicações via satélites e da operação de satélites. Escopo dos temas do evento inclui segurança das constelações de pequenos satélites. Última edição: 12-14
12	Satellite 2021	Confer	I	<a href="https://www.satshow.com/">https://www.satshow.com/</a>	Conferência com 40 anos de existência voltada para a comunicação satelital comercial com grandes operadoras. Deve, naturalmente, passar a incluir as iniciativas com constelações de pequenos satélites. Próxima edição: 15-18 Março/2021, Washington, USA.
13	IEEE Publication Recommender		I	<a href="https://publication-recommender.ieee.org/pubsearch">https://publication-recommender.ieee.org/pubsearch</a>	Site do IEEE com ferramenta de busca de <b>eventos</b> e publicações baseada em palavras chaves fornecidas ou extraídas de texto fornecido.
14	SPIE Optics + Photonics Digital Forum - CubeSats and SmallSats for Remote Sensing IV	Forum	I	<a href="https://spie.org/OPO/conferencedetails/cubesats-small-sats-remote-sensing?SSO=1">https://spie.org/OPO/conferencedetails/cubesats-small-sats-remote-sensing?SSO=1</a>	24-28 Agosto 2021, online.
15	Inter-Planetary Small Satellites Conference	Confer	I	<a href="http://www.intersmallsatconference.com/">http://www.intersmallsatconference.com/</a>	Conferência organizada por estudantes e staff de várias universidades e organizações como Caltech, MIT, Cornell, Michigan, JPL and S3VI. Última edição: 3-4/maio/2021, Calpoly, San Luis Obispo, USA
16	Small Satellites Conference 2020	Confer	I	<a href="https://www.smi-online.co.uk/defence/uk/small-satellites?utm_medium=www.small-satellites.com&amp;utm_source=D-232&amp;utm_campaign=SPACENEWS">https://www.smi-online.co.uk/defence/uk/small-satellites?utm_medium=www.small-satellites.com&amp;utm_source=D-232&amp;utm_campaign=SPACENEWS</a>	Promovida pela SMi, UK. Primeira conferência em 2020 adiada para 26-27/Abril/2021, Londres.
17	SmallSat Symposium 2021	Simpósio	I	<a href="https://2020.smallsatshow.com/">https://2020.smallsatshow.com/</a>	Última edição: 8-11/Fevereiro/2021.
18	4S Symposium	Simpósio	I	<a href="https://atpi.eventsair.com/QuickEventWebsitePortal/4s2020/4s">https://atpi.eventsair.com/QuickEventWebsitePortal/4s2020/4s</a>	<b>Small Satellites Systems and Services</b> - Promovido pelo CNES e ESA. Última edição: 2-6/Março/2021, Vilamoura, Portugal.

19	Goddard CubeSat Symposium	Simpósio	I	<a href="https://cubesats.gsfc.nasa.gov/symposium.html">https://cubesats.gsfc.nasa.gov/symposium.html</a>	Promovido anualmente pelo Goddard Space Flight Center da NASA. Edição de 2020 foi cancelada devido a pandemia.
20	Small Payload Rideshare Symposium	Simpósio	I	<a href="https://sprsa.org">https://sprsa.org</a>	A SPRSA - Small Payload Rideshare Association te´ve três eventos (três sessões) nas datas 25/Agosto, 08 e 22/Setembro/2020, online.

Fonte: CGEE.



## **Apêndice E. Pesquisa de instituições atuantes na área**

O levantamento das instituições (empresas, instituições científicas e tecnológicas, órgãos regulamentadores etc.) cuja atuação está relacionada com a área de estações terrenas de dados e de controle para sistemas espaciais utilizando satélites de pequeno porte (SPP) e *Cubesats* será registrado em tabela.

A Tabela E-1 apresenta os resultados do levantamento até a data de 29/07/21.

Tabela E-1. Levantamento das instituições atuantes na área de estações terrenas de dados e de controle até 29/07/21.

### INSTITUIÇÕES - ESTAÇÕES TERRENAS - ÊNFASE ESTAÇÕES PORTÁTEIS PARA CUBESATS

Rev.: 29/07/21

ITEM	INSTITUIÇÃO	TIPO	N / I	URL	OBSERVAÇÕES
1	CubeSat	ONG	I	<a href="https://www.cubesat.org/">https://www.cubesat.org/</a>	Criada pela California Polytechnic State University
2	International Amateur Radio Union - IARU	ONG	I	<a href="http://www.iaru.org/">http://www.iaru.org/</a>	Coordenação de frequências de satélites amadores
3	International Telecommunication Union - ITU	ONG	I	<a href="https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx">https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx</a>	Coordenação internacional do uso do espectro eletromagnético, órbitas satelitais etc.
4	Surrey Satellites Technology Ltd.	Empresa	I	<a href="https://sstl.co.uk">https://sstl.co.uk</a>	Sistemas, equipamentos, serviços para SPP
5	Laboratório de Sistemas Espaciais	Univ	N	<a href="https://spacelab.ufsc.br/pt/home-pt/">https://spacelab.ufsc.br/pt/home-pt/</a>	Universidade Federal de Santa Catarina
6	Agencia Espacial Brasileira	Gov	N	<a href="https://www.gov.br/aeb/pt-br">https://www.gov.br/aeb/pt-br</a>	Apoia desenvolvimento de missões com CubS
7	AAC Clyde Space	Empresa	I	<a href="https://www.aac-clyde.space/">https://www.aac-clyde.space/</a>	Fabricante de ground stations
8	GOMSpace	Empresa	I	<a href="https://gomspace.com/home.aspx">https://gomspace.com/home.aspx</a>	Fabricante de ground stations
9	Stras Space	Empresa	I	<a href="http://www.stras-space.com/">http://www.stras-space.com/</a>	Serviços e componentes
10	Blue Canyon Technologies	Empresa	I	<a href="https://www.bluecanyontech.com/">https://www.bluecanyontech.com/</a>	Fornecedora de componentes e plataforma
11	IQ Wireless GmbH / IQ Spacecom	Empresa	I	<a href="https://www.iq-spacecom.com/">https://www.iq-spacecom.com/</a>	Transmissores e antenas
12	Helical Communication Technologies Inc	Empresa	I	<a href="https://www.helicomtech.com/">https://www.helicomtech.com/</a>	Antenas helicoidais e especiais
13	Flexitech Aerospace	Empresa	I	<a href="https://flexitechaerospace.com/">https://flexitechaerospace.com/</a>	Subsistemas de comunicação
14	Spacemanic	Empresa	I	<a href="https://spacemanic.com/">https://spacemanic.com/</a>	Subsistemas e componentes para CubS e NanS
15	Open Cosmos	Empresa	I	<a href="https://www.open-cosmos.com/">https://www.open-cosmos.com/</a>	Desenvolvedora de missões e fabricante de NanS
16	ISIS - Innovative Solution in Space	Empresa	I	<a href="https://www.isispace.nl/">https://www.isispace.nl/</a>	Missões <i>turn-key</i> , subsistemas, componentes
17	Tyvak	Empresa	I	<a href="https://www.tyvak.com/">https://www.tyvak.com/</a>	Plataformas 6U e 12U, serviços
18	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	ICT	N	<a href="http://www.inpe.br/">http://www.inpe.br/</a>	INPE apoia missões com CubS e NanS, possui o LIT- Laboratório de Integração e Testes, o COCRC- Centro de Rastreamento e Controle de Satélites. Também possui Centros Regionais como o de Natal (CRN) e de Santa Maria (CRSM) envolvidos diretamente com CubeSats.
19	AEL Sistemas	Empresa	N	<a href="http://www.ael.com.br/">http://www.ael.com.br/</a>	Engenharia e fabricação subsistemas
20	EMSISTI Sistemas Aeroespaciais e Tecnologia	Empresa	N	<a href="http://emsisti.com.br/">http://emsisti.com.br/</a>	Engenharia de sistemas para CubS e NanS
21	Geotronic Engenharia Ltda.	Empresa	N	(12) 3922-8008	Serviços de engenharia
22	Neuron Eletrônica	Empresa	N	(12) 99739-3056	Engenharia e fabricação de subsistemas
23	Omnisys Engenharia Ltda.	Empresa	N	<a href="https://www.omnisys.com.br/">https://www.omnisys.com.br/</a>	Engenharia e fabricação subsistemas

24	EnduroSat	Empresa	I	<a href="https://www.endurosat.com/">https://www.endurosat.com/</a>	Desenvolve e fornece plataformas para CubS e NanS, subsistemas, painéis solares etc.
25	Orbital Transports	Empresa	I	<a href="http://www.orbitaltransports.com/">http://www.orbitaltransports.com/</a>	Fornecer hardware e serviços para pequenos satélites e para missões completas. Possui catálogo ( <i>Space Catalog</i> ) de produtos e serviços próprios e de empresas parceiras.
26	Advanced Systems	Empresa	I	<a href="https://advancedspace.com/">https://advancedspace.com/</a>	Planejamento e operação de missões
27	B&A Engineering	Empresa	I	<a href="https://www.baengineering.com/">https://www.baengineering.com/</a>	Serviços de engenharia
28	Comat	Empresa	I	<a href="https://comat-agora.com/">https://comat-agora.com/</a>	Fornecedor europeu de equipamentos para satélites
29	D-Orbit	Empresa	I	<a href="https://www.dorbit.space/">https://www.dorbit.space/</a>	Subsistemas, componentes, lançamentos
30	DSI Aerospace Technology	Empresa	I	<a href="https://www.dsi-as.de/en/products/space/">https://www.dsi-as.de/en/products/space/</a>	Equipamentos digitais para satélites
31	Exolaunch	Empresa	I	<a href="https://www.exolaunch.com/">https://www.exolaunch.com/</a>	Lançamento de pequenos satélites
32	Hyperion Technologies	Empresa	I	<a href="https://hyperiontechnologies.nl/">https://hyperiontechnologies.nl/</a>	Subsistemas, componentes, serviços para pequenos satélites
33	Kispe Space Systems	Empresa	I	<a href="http://www.kispe.co.uk/space-systems/">http://www.kispe.co.uk/space-systems/</a>	Desenvolvimento, fabricação, operação de sistemas para satélites
34	KRATOS	Empresa	I	<a href="https://www.kratosdefense.com/systems-and-platforms/space-systems">https://www.kratosdefense.com/systems-and-platforms/space-systems</a>	Encriptação, comunicações solo-espço
35	KSAT - Kongsberg satellite Services	Empresa	I	<a href="https://www.ksat.no/">https://www.ksat.no/</a>	Estações terrenas para constelações de pequenos satélites
36	Leaf Space	Empresa	I	<a href="https://leaf.space/">https://leaf.space/</a>	Serviços do segmento solo para microsátélites
37	M2 Antenna Systemas	Empresa	I	<a href="https://www.m2inc.com/">https://www.m2inc.com/</a>	Equipamentos para estações terrenas de missões cubesats em bandas de radioamadores (VHF, UHF), banda S.
38	Inatel Competence Center	ONG	N	<a href="https://inatel.br/icc/">https://inatel.br/icc/</a>	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em diversas áreas de interesse para SistCom com CubS, especialmente comunicação digital e redes.
39	CPqD	ONG	N	<a href="https://www.cpqd.com.br/">https://www.cpqd.com.br/</a>	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em diversas áreas de interesse para SistCom com CubS, especialmente SDR. O CPqD participa do desenvolvimento do rádio tático para o Exército Brasileiro.

40	CTI - Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer	ICT	N	<a href="https://www.cti.gov.br/pt-br">https://www.cti.gov.br/pt-br</a>	O CTI tem diversas unidades de competência que podem cooperar com projetos espaciais. No site há, por exemplo, informações sobre o NEE, voltado para fabricação e empacotamento eletrônico utilizando componentes de alta densidade. Sabe-se que há unidades com
41	Nanosatellites & Cubesat Companies	Site	I	<a href="https://www.nanosats.eu/companies">https://www.nanosats.eu/companies</a>	Site de base de dados. URL listado apresenta lista de empresas com produtos e serviços para a nanosats e cubesats.
42	GATR-TRAC	Empresa	I	<a href="https://www.haptic.ro/highly-portable-satellite-track">https://www.haptic.ro/highly-portable-satellite-track</a>	Estações terrenas portáteis para constelações de pequenos satélites

Fonte: CGEE.



## Apêndice F. Pesquisa da capacidade nacional

O levantamento das organizações nacionais com potencial para o desenvolvimento ou fornecimento de estações terrenas de dados e de controle para missões espaciais com CubS e satélites de pequeno porte, e suas respectivas capacidades será registrado, conforme discutido na seção 3, em uma tabela cujo conjunto de colunas ocupa três páginas (PARTE A a PARTE C). A descrição dessas colunas e as regras observadas no preenchimento da tabela são apresentadas a seguir.

A **PARTE A** tem as seguintes colunas:

Coluna 1: **ITEM** – Número sequencial que indica a ordem temporal de registro do conjunto de dados na tabela;

Coluna 2: **ORGANIZAÇÃO** – Nome da organização cujas capacidades são avaliadas na tabela;

Coluna 3: **TIPO** – Indica o tipo de organização: empresa, órgão do governo, fundação etc.;

Coluna 4: **CIDADE** – Cidade onde está localizada a organização da coluna 2;

Coluna 5: **UF** – Estado onde está localizada a organização da coluna 2;

Coluna 6 a Coluna 11: **EXPERIÊNCIA AEROESPACIAL** – Registro da experiência aeroespacial da organização conforme os registros das Colunas 6 a 11 descritos a seguir:

Coluna 6: **CubS** – Preenchida com **S** (Sim) se a organização tem experiência com *Cubesats* ou **N** (Não) no caso contrário;

Coluna 7: **NanS / MicS** – Preenchida com **S** (Sim) se a organização tem experiência com Nanossatélites / Microsatélites ou **N** (Não) no caso contrário;

Coluna 8: **PMS** – Preenchida com **S** (Sim) se a organização tem experiência com Pequeno / Médio Satélite ou **N** (Não) no caso contrário;

Coluna 9: **SGP** – Preenchida com **S** (Sim) se a organização tem experiência com Satélite de Grande Porte ou **N** (Não) no caso contrário;

Coluna 10: **AERO** – Preenchida com **S** (Sim) se a organização tem experiência Aeroespacial ou **N** (Não) no caso contrário (considerar experiência com Foguetes, Foguetes Sonda e Aviões);

Coluna 11: **COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES** – Texto aberto relatando a experiência nas áreas marcadas com **S** nas Colunas 6 a 10. Iniciar a frase com o nome da coluna para facilitar a correlação do texto e área. No caso AERO incluir na frase o termo “Foguete”, “Sonda” ou “Avião” para facilitar a correlação do texto e a área específica.

A **PARTE B** possui as seguintes colunas:

Coluna 1: **ITEM** – Cópia da coluna 1 da PARTE A (com fundo cinza porque preenchida automaticamente pela planilha);

Coluna 2: **ORGANIZAÇÃO** – Cópia da coluna 2 da PARTE A (com fundo cinza porque preenchida automaticamente pela planilha);

Coluna 3 a Coluna 8: **EXPERIÊNCIA SEGMENTO SOLO** – Registro da experiência da organização com o segmento solo conforme os registros das Colunas 3 a 8 descritos a seguir:

Coluna 3: **USU** – Preenchida com **S** (Sim) se a organização tem experiência com o Segmento de Usuários ou **N** (Não) no caso contrário;

Coluna 4: **CM** – Preenchida com **S** (Sim) se a organização tem experiência com o Segmento Controle de Missão ou **N** (Não) no caso contrário;

Coluna 5: **COCU** – Preenchida com **S** (Sim) se a organização tem experiência com o Segmento Controle de Operação da Carga Útil ou **N** (Não) no caso contrário;

Coluna 6: **COS** – Preenchida com **S** (Sim) se a organização tem experiência com o Segmento Controle de Operação do Satélite ou **N** (Não) no caso contrário;

Coluna 7: **R. PÚBLICA** – Preenchida com **S** (Sim) se a organização tem experiência com o uso da Rede Pública de comunicações como parte do Segmento Solo ou **N** (Não) no caso contrário;

Coluna 8: **COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES** – Texto aberto relatando a experiência nas áreas marcadas com **S** nas Colunas 3 a 7. Iniciar a frase com o nome da coluna para facilitar a correlação do texto e área.

Coluna 9 a Coluna 11: **CAPACIDADES / FERRAMENTAS / INFRA** – Avaliação das capacidades, disponibilidade de ferramentas e de infraestrutura conforme os registros das Colunas 9 a 11 descritos a seguir:

Coluna 9 a Coluna 10: **01 a 02** – Preenchidas com **S** (Sim), **P** (Parcial), **N** (Não), **X** (Avaliação Incompleta) se a organização tem a capacidade ou disponibiliza a ferramenta ou infraestrutura nesses graus (ver a Tabela 3-1 para a descrição dos códigos numéricos e a Tabela 3-2 para os graus de avaliação). O campo será deixado sem preenchimento (em branco) se o item não tiver sido avaliado;

Coluna 11: **COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES** – Texto aberto explicando / comentando a avaliação, principalmente no caso desta ter sido marcada como parcial (P). Iniciar a frase com o número que serve como nome da coluna para facilitar a correlação do texto e a capacidade / ferramenta / infraestrutura.

A **PARTE C** possui as seguintes colunas:

Coluna 1: **ITEM** – Cópia da coluna 1 da PARTE A (com fundo cinza porque preenchida automaticamente pela planilha);

Coluna 2: **ORGANIZAÇÃO** – Cópia da coluna 2 da PARTE A (com fundo cinza porque preenchida automaticamente pela planilha);

Coluna 3 a Coluna 16: **CAPACIDADES / FERRAMENTAS / INFRA** – Avaliação das capacidades, disponibilidade de ferramentas e de infraestrutura conforme os registros das Colunas 3 a 16 descritos a seguir:

Coluna 3 a Coluna 14: **03 a 14** – Preenchidas com **S** (Sim), **P** (Parcial), **N** (Não), **X** (Avaliação Incompleta) se a organização tem a capacidade ou disponibiliza a ferramenta ou infraestrutura nesses graus (ver a Tabela 3-1 para a descrição dos códigos numéricos e a Tabela 3-2 para os graus de avaliação). O campo será deixado sem preenchimento (em branco) se o item não tiver sido avaliado;

Coluna 15: Não utilizada;

Coluna 16: **COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES** – Texto aberto explicando / comentando a avaliação, principalmente no caso desta ter sido marcada como parcial (P). Iniciar a frase com o número que serve como nome da coluna para facilitar a correlação do texto e a capacidade / ferramenta / infraestrutura.

A Tabela F-1 apresenta o resultado do levantamento até 30/09/21 (a data da revisão da tabela é indicada no canto superior esquerdo das páginas 1 a 3). A avaliação de diversas capacidades das organizações depende do contato direto com elas, o que, de maneira geral, não foi feito.

Tabela F-1. Organizações nacionais com capacidades para o desenvolvimento das estações terrenas de missões com SPPs (30/09/21).(A)

<b>CAPACIDADE NACIONAL - ESTAÇÕES TERRENAS DE DADOS E DE CONTROLE PARA MISSÕES COM CUBESATs E SPPs</b>										
<b>Rev.:</b>	30/09/2021	<b>PARTE A</b>								
ITEM	ORGANIZAÇÃO	TIPO	CIDADE	UF	EXPERIÊNCIA AEROESPACIAL					
					CubS	NanS / MicS	PMS	SGP	AERO	COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES
1	Acosta Aerospace	Empresa	São José dos Campos	SP						
2	AEL Sistemas	Empresa	Porto Alegre	RS	N	S		S	S	NanS - possui plataforma MMM para
3	Albatross Ind. Aero. Ltda.	Empresa	São José dos Campos	SP				S	S	CBERS, PMM, aeronaves diversas
4	AMS Kepler	Empresa	São José dos Campos	SP						
5	Beta Telecom	Empresa	São José dos Campos	SP	N	N	N	S		CBERS 3&4
6	Cosmicubes	Empresa	São José dos Campos	SP						
7	CPqD	Fundação	Campinas	SP						
8	Criar Space Systems	Empresa	Ribeirão Preto	SP						
9	CRON Sist. e Tecnologia	Empresa	São José dos Campos	SP	S					
10	EMITER Ltda.	Empresa	Jundiaí	SP						
11	EMSISTI Sistemas	Empresa	São José dos Campos	SP		S				
12	Equatorial Sistemas	Empresa	São José dos Campos	SP				S		SGP- CBERS 1&2, CBERS 3&4, Amazonia 1
13	Espectro Ltda.	Empresa	Campinas	SP	N	N	N	N	S	
14	Geotronic Engenharia	Empresa	São José dos Campos	SP	N	N	N	S	N	CBERS 3&4, Amazonia 1
15	IACIT	Empresa	São José dos Campos	SP					S	
16	Inatel Competence Center		Santa Rita do Sapucaí	MG						
17	Kalatec Automação	Empresa	Campinas	SP						
18	Kollmorgen Brasil	Empresa	Cotia	SP						
19	Neuron Eletrônica	Empresa	São José dos Campos	SP	N	N	N	S	N	MECB, CBERS 1&2, CBERS 3&4, PMM
20	Omnisys Engenharia Ltda.	Empresa	São Bernardo do Campo	SP				S	X	CBERS 3&4, Amazonia 1
21	Orbital Engenharia S.A.	Empresa	São José dos Campos	SP				S	S	CBERS 3&4, Amazonia 1
22	RF COM	Empresa	São José dos Campos	SP	N	N	N	N		
23	RSA Engenharia	Empresa	Rio de Janeiro	RJ	N	N	N	N	X	Participação no VLS-1, Cyclone 4
24	SIATT	Empresa	São José dos Campos	SP	N	N	N	X	X	CBERS 3&4, PMM, VS-40/SARA,
25	TELESPAZIO	Empresa	Rio de Janeiro	RJ						
26	VISIONA	Empresa	São José dos Campos	SP	S	N	N	S		

Fonte: CGEE.

Tabela F-2. Organizações nacionais com capacidades para o desenvolvimento das estações terrenas de missões com SPPs (30/09/21). (B)

<b>CAPACIDADE NACIONAL - ESTAÇÕES TERRENAS DE DADOS E DE CONTROLE PARA MISSÕES COM CUBESATs E SPPs</b>											
<b>Rev.:</b>	30/09/2021	<b>PARTE B</b>									
<b>ITEM</b>	<b>ORGANIZAÇÃO</b>	<b>EXPERIÊNCIA SEGMENTO SOLO</b>					<b>CAPACIDADES / FERRAMENTAS / INFRA</b>				
		<b>USU</b>	<b>CM</b>	<b>COCU</b>	<b>COS</b>	<b>R. PÚBLICA</b>	<b>COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES</b>			<b>01</b>	<b>02</b>
1	Acosta Aerospace										
2	AEL Sistemas	N	N	N	N	N			X	X	
3	Albatross Ind. Aero. Ltda.										
4	AMS Kepler	X									
5	Beta Telecom	X			X		COS - Possui SW de controle de NanS				
6	Cosmicubes										
7	CPqD									X	
8	Criar Space Systems										
9	CRON Sist. e Tecnologia	X	X	X	X						
10	EMITER Ltda.										
11	EMSISTI Sistemas										
12	Equatorial Sistemas								X		
13	Espectro Ltda.										
14	Geotronic Engenharia	N	N	N	N	N				S	
15	IACIT								S	S	
16	Inatel Competence Center					X				X	
17	Kalatec Automação										
18	Kollmorgen Brasil										
19	Neuron Eletrônica	S	N	N	N	N	USU- Coleta de dados Argos, SCD-1,	S	S		
20	Omnisys Engenharia Ltda.							S	S		
21	Orbital Engenharia S.A.							S	X		
22	RF COM	X	N	N	N	X					
23	RSA Engenharia	X	N	N	N	X					
24	SIATT							X	X		
25	TELESPAPIO							X	X		
26	VISIONA							X	X		
0	0										
0	0										

Fonte: CGEE.

Tabela F-3 Organizações nacionais com capacidades para o desenvolvimento das estações terrenas de missões com SPPs (30/09/21). (C)

CAPACIDADE NACIONAL - ESTAÇÕES TERRENAS DE DADOS E DE CONTROLE PARA MISSÕES COM CUBESATs E SPPs															
Rev.:	30/09/2021	PARTE C													
ITEM	ORGANIZAÇÃO	CAPACIDADES / FERRAMENTAS / INFRA													COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES
		03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	
1	Acosta Aerospace				P										06: Fornecimento de HW/SW
2	AEL Sistemas		X	X	P	P									06-07: Fornecimento de HW/SW
3	Albatross Ind. Aero. Ltda.				P	P									06-07: Fornecimento de HW/SW
4	AMS Kepler		X	X	P	P									06-07: Fornecimento de SW
5	Beta Telecom		X	X											
6	Cosmicubes		X	X	P	P									06-07: Fornecimento de SW
7	CPqD		X	X											
8	Criar Space Systems		X	X	X	X									06-07: Produtos com TRL 5-6
9	CRON Sist. e Tecnologia		X	X	P	P									06-07: Fornecimento de HW/SW
10	EMITER Ltda.				P	P									06-07: Fornecimento de HW/SW
11	EMSISTI Sistemas		X	X	X	X									06-07: Produtos com TRL 5-6
12	Equatorial Sistemas		X	X											
13	Espectro Ltda.		X	X											
14	Geotronic Engenharia	S	S	S	N	N	N	N	S	X	N	X	N	S	
15	IACIT	X	X	X											
16	Inatel Competence Center		X	X											
17	Kalatec Automação				P	P									06-07: Fornecimento de HW/SW
18	Kollmorgen Brasil				P	P									06-07: Fornecimento de HW/SW
19	Neuron Eletrônica	S	S	S	N	N	N	N	S	N	N	X	N	S	
20	Omnisys Engenharia Ltda.	S	S	S							N	X	X	S	
21	Orbital Engenharia S.A.	X	X	X											
22	RF COM	X	X	X	P	P									06-07: Fornecimento de HW/SW
23	RSA Engenharia	X													
24	SIATT		X	X											
25	TELESPAPIO	X	X	X	X	X									
26	VISIONA	X	X	X											
0	0														
0	0														

Fonte: CGEE.

## Apêndice G. Pesquisa dos recursos humanos

O levantamento dos recursos humanos nacionais com capacidades para o desenvolvimento de estações terrenas de dados e de controle para missões espaciais com CubS ou satélites de pequeno porte, conforme discussão na seção 4, será registrado em uma tabela cujo conjunto de colunas ocupa duas páginas (PARTE A e PARTE B). A descrição dessas colunas bem como as regras observadas no preenchimento da Tabela 8-1 são apresentadas a seguir.

A **PARTE A** tem as seguintes colunas:

Coluna 1: **ITEM** – Número sequencial que indica a ordem temporal de registro do conjunto de dados na tabela;

Coluna 2: **PROFISSIONAL** – Nome do profissional cujas capacidades são avaliadas na tabela;

Coluna 3: **TIPO** – Indica o tipo de personalidade jurídica na atuação profissional: PF (Pessoa Física), AUTO (Autônomo), MEI (Micro Empresário Individual) etc.;

Coluna 4 a Coluna 6: **VÍNCULO** – Registro de eventual vínculo do profissional com uma organização conforme os registros das Colunas 4 a 6 descritos a seguir:

Coluna 4: **S / N** – Preenchida com **S** (Sim) se houver vínculo ou **N** (Não) no caso contrário;

Coluna 5: **ORGANIZAÇÃO** – Nome da organização a qual o profissional está vinculado;

Coluna 6: **TV** – Tipo de Vínculo, preenchida com **E** (Empregado), **SP** (Servidor Público), **EP** (Empregado Público (CLT)), **PROF** (Professor universitário, escola pública ou privada), **SOC** (Sócio);

Coluna 7 a Coluna 12: **EXPERIÊNCIA NOS SEGMENTOS ESPACIAL E SOLO** – Registro da experiência do profissional nesses segmentos conforme os registros das Colunas 7 a 12 descritos a seguir:

Coluna 7: **CubS** – Preenchida com **S** (Sim) se tiver alguma experiência com *Cubesats* ou **N** (Não), no caso contrário;

Coluna 8: **SPP** – Preenchida com **S** (Sim) se tiver alguma experiência com Satélites de Pequeno Porte ou **N** (Não), no caso contrário;

Coluna 9: **SGP** – Preenchida com **S** (Sim) se tiver alguma experiência com Satélites de Grande Porte ou **N** (Não), no caso contrário;

Coluna 10: **AERO** – Preenchida com **S** (Sim) se tiver experiência Aeroespacial ou **N** (Não) no caso contrário (considerar experiência com Foguetes, Foguetes Sonda e Aviões);

Coluna 11: **SOLO** – Preenchida com **S** (Sim) se tiver experiência com o Segmento Solo ou **N** (Não) no caso contrário (considerar experiência com Controle do Satélite, Controle da Carga Útil, Operação da Missão, Segmento de Usuários, Rede Pública de Comunicações);

Coluna 12: **COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES** – Texto aberto relatando a experiência nas áreas marcadas com **S** nas Colunas 7 a 11. Iniciar a frase com o nome da coluna para facilitar a correlação do texto e área. No caso AERO incluir na frase o termo “Foguete”, “Sonda” ou “Avião” para facilitar a correlação do texto e a área específica.

A **PARTE B** possui as seguintes colunas:

Coluna 1: **ITEM** – Cópia da coluna 1 da PARTE A (com fundo cinza porque preenchida automaticamente pela planilha);

Coluna 2: **CIDADE** – Preenchida com a cidade de residência do profissional;

Coluna 3: **UF** – Preenchida com o estado de residência do profissional;

Coluna 4: **VINC.** – Vínculo - Cópia da coluna 4 da PARTE A (com fundo cinza porque preenchida automaticamente pela planilha);

Coluna 5 a Coluna 16: **CAPACIDADES DO RH** – Avaliação das capacidades do RH conforme os registros das Colunas 5 a 16 descritos a seguir:

Coluna 5 a Coluna 15: **01 a 11** – Preenchidas com **S** (Sim), **P** (Parcial), **N** (Não), **X** (Avaliação Incompleta) se o profissional tem a capacidade nesses graus (ver a Tabela 7-2 para a descrição dos códigos numéricos e a Tabela 7-3 para os graus de avaliação). O campo será deixado sem preenchimento (em branco) se o item não tiver sido avaliado;

Coluna 16: **COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES** – Texto aberto explicando / comentando a avaliação, principalmente no caso desta ter sido marcada como parcial (P). Iniciar a frase com o número que serve como nome da coluna para facilitar a correlação do texto e a capacidade.

A Tabela G-1 apresenta o resultado do levantamento até 30/09/21 (a data da revisão da tabela é indicada no canto superior esquerdo das páginas 1 e 2).



Tabela G-1. Recursos humanos nacionais para o desenvolvimento das estações terrenas de missões com SPPs (30/09/21) (A).

<b>R. HUMANOS NACIONAIS - ESTAÇÕES TERRENAS DE DADOS E DE CONTROLE DE MISSÕES COM CUBESATs E SPPs</b>											
<b>Rev.:</b> 30/09/2021		<b>PARTE A</b>									
<b>ITEM</b>	<b>PROFISSIONAL</b>	<b>TIPO</b>	<b>VÍNCULO</b>			<b>EXPERIÊNCIA NOS SEGMENTOS ESPACIAL E SOLO</b>					<b>COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES</b>
			<b>S / N</b>	<b>ORGANIZAÇÃO</b>	<b>TV</b>	<b>CubS</b>	<b>SPP</b>	<b>SGP</b>	<b>AERO</b>	<b>SOLO</b>	
1	Adilson Chinatto	PF	S	Espectro	SOC	N	N	N	S		
2	Antonio Carlos Pereira Jr	PF	S	INPE	SP		S	S		S	
3	Aydano Barreto Carleial	PF	N				S	S		S	
4	Carlos Alberto Bento Gonçalves	PF	S	INPE	SP		S	S		S	
5	Carlos Alberto I. Miranda	PF	S	INPE	SP		S	S			
6	Carlos Eduardo Santana	PF	N			S	S	S		S	
7	Carlos Mitikami	PF	S	Omnisys	E	N	N	S			CBERS 3 & 4, AMAZONIA
8	Carlos Pereira Nogueira	PF	S		SOC			S			CBERS 3 & 4
9	Célio Costa Vaz	PF	S	Orbital Engenharia	SOC	S	S	S	S		
10	César Celeste Ghizoni	PF	S	Akaer	E						
11	Claudemir Marcos da Silva	PF	S	Neuron Eletrônica	SOC	N	S	S	N	N	SCD-1, SSR, CBERS 1 & 2, CBERS 3 & 4,
12	Cynthia C. Junqueira	PF	S	Espectro	SOC				S		
13	Fábio Almeida	PF	S	IAE	SP			S			PMM, CBERS 3 & 4
14	Hélio Koiti Kuga	PF	N				S	S			SCD-1, SSR, CBERS 1 & 2, CBERS 3 & 4,
15	Himilcon Carvalho	PF	S	Visiona	E	S		S			
16	Humberto Pontes Cardoso	PF	N								
17	Ivan Tosetto	PF	S	INPE	SP						
18	Jadir Gonçalves	PF	S	Fibraforte	SOC		S	S			
19	Jânio Kono	PF	S	Visiona	E	S	S	S			
20	Jaqueline Vaz Maiolino	PF	S	Orbital Engenharia	SOC	S		S			
21	Jessé Ribeiro	PF	S	SIATT	E		S	S			
22	José Antônio Rodrigues	PF	N				S	S			
23	Lauro	PF	S	Fibraforte	SOC						
24	Luciano Beraldo	PF						S			CBERS 3 & 4
25	Luiz Cláudio Bouhid	PF	S	Casablanca Online	E	N	N	N	N	S	RX e TX de televisão por satélites.
26	Marcelo Alexandre Miacci	PF	N					S			CBERS 3 & 4
27	Marco Antônio Ferraz	PF	N						S		Aviões
28	Mário Quintino	PF	S	Visiona	E	S	S	S			SCD-1, SSR, CBERS 1 & 2, CBERS 3 & 4,

Fonte: CGEE.

Tabela G-2. Recursos humanos nacionais para o desenvolvimento das estações terrenas de missões com SPPs (30/09/21) (B).

<b>R. HUMANOS NACIONAIS - ESTAÇÕES TERRENAS DE DADOS E DE CONTROLE DE MISSÕES COM CUBESATs E SPPs</b>																
<b>Rev.:</b>	30/09/2021			<b>PARTE B</b>												
<b>ITEM</b>	<b>CIDADE</b>	<b>UF</b>	<b>VINC.</b>	<b>CAPACIDADES DO RH</b>											<b>COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES</b>	
				<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>06</b>	<b>07</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>10</b>	<b>11</b>		
1	Campinas	SP	S							S						
2	Pindamonhangaba	SP	S	S	S											
3	São José dos Campos	SP	N	S	S											
4	São José dos Campos	SP	S		S											
5	São José dos Campos	SP	S				S									
6	São José dos Campos	SP	N	S	S		S									
7	São Bernardo do Campo	SP	S					S					S	S		
8	Caçapava	SP	S					S	S			S	S	S		
9	São José dos Campos	SP	S	S	S			S			S			S		
10	São José dos Campos	SP	S	S	S											
11	São José dos Campos	SP	S	S	S	S	S		S		S	S	S	S		
12	Campinas	SP	S				S									
13	São José dos Campos	SP	S					S								
14	São José dos Campos	SP	N					S					S			
15	São José dos Campos	SP	S	S	S											
16	São José dos Campos	SP	N								S					
17	São José dos Campos	SP	S	S	S			S								
18	São José dos Campos	SP	S					S								
19	São José dos Campos	SP	S	S	S							S				
20	São José dos Campos	SP	S			S										
21	São José dos Campos	SP	S		S				S							
22	São José dos Campos	SP	N						S	S						
23	São José dos Campos	SP	S			S										
24		SP	0						S							
25	São Paulo	SP	S									S				
26	Cachoeira Paulista	SP	N				S		S							
27	São José dos Campos	SP	N	S	S		S									
28	São José dos Campos	SP	S	S	S											

Fonte: CGEE.

Tabela G-3. Recursos humanos nacionais para o desenvolvimento das estações terrenas de missões com SPPs (30/09/21) (A).

R. HUMANOS NACIONAIS - ESTAÇÕES TERRENAS DE DADOS E DE CONTROLE DE MISSÕES COM CUBESATs E SPPs												
Rev.:	30/09/2021		PARTE A									
ITEM	PROFISSIONAL	TIPO	VÍNCULO			EXPERIÊNCIA NOS SEGMENTOS ESPACIAL E SOLO					COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES	
			S / N	ORGANIZAÇÃO	TV	CubS	SPP	SGP	AERO	SOLO		
29	Mário de Souza Barretti	PJ	N			N	N	S	N	N	CBERS 3 & 4.	
30	Mauro Paschoto	PF	N					S			SCD-1 , CBERS 2	
31	Otto Orestes Macedo	PF	S	Geotronic Engenharia	SOC	N	N	S	N	N	CBERS 3 & 4, AMAZONIA.	
32	Paulo Roberto Sakai	PF	S	IAE	SP	N	N	N	S		VLS, Sonda	
33	Rodolfo A.S. Araújo	PF	S	INPE	SP	N	S	S	N	N		
34	Tiago Kaneshiro	PF	S	Omnisys	E	N		S			CBERS 3 & 4, AMAZONIA	
35	Thomas L. Shaw	PF	S	Fibraforte	SOC						SCD-1, SSR, CBERS 1 & 2, CBERS 3 &4,	
36	Valdemir Carrara	PF	S	Cosmicubes	SOC		S	S			SCD-1, SSR, CBERS 1 & 2, CBERS 3 &4	

Fonte: CGEE (2021).

Tabela G-4. Recursos humanos nacionais para o desenvolvimento das estações terrenas de missões com SPPs (30/09/21) (B).

<b>R. HUMANOS NACIONAIS - ESTAÇÕES TERRENAS DE DADOS E DE CONTROLE DE MISSÕES COM CUBESATs E SPPs</b>															
<b>Rev.:</b> 30/09/2021				<b>PARTE B</b>											
ITEM	CIDADE	UF	VINC.	CAPACIDADES DO RH											COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES
				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	
29	Porto Alegre	RS	N		S				S						
30	São José dos Campos	SP	N			S									
31	São José dos Campos	SP	S		S		S		S						
32	São José dos Campos	SP	S			S									
33	São José dos Campos	SP	S			S	S								
34	São Bernardo do Campo	SP	S				S								
35	São José dos Campos	SP	S					S			S				
36	São José dos Campos	SP	S					S					S		
0			0												
0			0												
0			0												
0			0												
0			0												
0			0												
0			0												
0			0												
0			0												
0			0												
0			0												
0			0												
0			0												
0			0												

Fonte: CGEE (2021).