

**A Concepção do Sistema, a Arquitetura dos Satélites e seus
Subsistemas**

Petrônio Noronha de Souza

**Coordenação Geral de Engenharia e Tecnologia Espacial – ETE
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
São José dos Campos, SP
Novembro de 2002**

2.1 – A concepção do sistema espacial (*)

- Definições mais importantes tomadas durante a concepção de um sistema espacial:
 - Definição da(s) órbita(s) a ser(em) utilizada(s): geoestacionária, sol-síncrona, equatorial, etc. e da estratégia para a sua manutenção, bem como dos parâmetros com impacto no desenvolvimento da(s) carga(s) útil(eis).
 - Definição das características do(s) satélite(s) (cargas úteis e plataformas), bem como do número de satélites em órbita (no caso do lançamento de uma constelação): **Segmento Espacial**
 - Definição dos sistemas de Comando, Controle e Comunicação, bem como da forma de operação do(s) satélite(s): **Segmento Solo**
 - Lançador(es) a ser(em) utilizado(s): **Segmento Lançador**
- Perguntas a serem respondidas:
 - Como o sistema vai realizar sua missão?
 - Como os dados serão adquiridos (tipo(s) de sensor(es))?
 - Como os dados serão entregues aos usuários finais?
 - Como o sistema será operado?
 - Como os diversos componentes do sistema falam uns com os outros?
 - Qual é o cronograma da missão?
 - Qual o custo estimado?
 - Como o programa vai ser gerenciado (projeto, fabricação, montagem e testes)?

2.1 – Arquitetura de Satélites

- As atividades de concepção envolvem contribuições de várias disciplinas do conhecimento que devem ser corretamente concatenadas na busca de uma solução que atenda aos requisitos da Missão. Dentre as múltiplas tarefas a serem cumpridas, há três que se destacam no desenvolvimento do Segmento Espacial: Análise de Missão; Arquitetura Mecânica e Arquitetura Elétrica e de Software.
- Arquiteturas de satélites
 - Estabelecidas as características básicas do Segmento Espacial (satélite), passa-se à fase de estabelecimento da **arquitetura** do satélite.
 - O processo de estabelecimento da **arquitetura** de um satélite é uma das fases mais importantes do projeto. É ela que estabelece a ponte entre a concepção geral do segmento espacial e sua efetiva materialização.
 - No início do projeto o “arquiteto” do satélite deve ser capaz de **alocar** requisitos para cada parte que o constitui. Esses requisitos devem ser coerentes com o resto do satélite, de forma que aquela parte cumpra corretamente a sua função. Em fases posteriores do projeto, cabe ao “arquiteto” administrar a distribuição de requisitos e suas eventuais violações.
 - A tarefa de estabelecimento da arquitetura de um satélite é normalmente dividida em pelo menos duas sub-tarefas: **Arquitetura Mecânica e Arquitetura Elétrica e de Software**

2.1 – Arquitetura de Satélites (cont.)

- Objetivos e metodologia de **Alocação** dos requisitos aos subsistemas:
 - Alocar requisitos a subsistemas e equipamentos é necessário para que se possa desenvolver ou adquirir esses componentes.
 - A alocação de requisitos é feita de modo a que os requisitos em nível de sistema sejam alcançados quando o sistema estiver integrado, prevendo margens para dispersões e incertezas. Por exemplo, assume-se uma incerteza de 20% para parâmetros estimados e 5% para parâmetros já conhecidos.
 - A metodologia para somar as incertezas é a RSS (“root sum square”) ou linear, dependendo do tipo de parâmetro.
- Os resultados do processo de elaboração da arquitetura e alocação dos requisitos de uma satélite são:
 - Diagrama de blocos funcional do satélite.
 - Estimativas para a massa, volume e potência.
 - Configuração mecânica.
 - Balanço de massa e balanceamento dinâmico.
 - Balanço de potência (geração, consumo, profundidades de descarga das baterias).
 - Balanço de “links” de comunicação.
 - Balanço de apontamento.
 - Balanço de massa de propelente.
 - Balanço de capacidade de memória e de processamento.

2.1 – Satélites artificiais: Subsistemas

A **Plataforma** dos satélites artificiais é dividida em subsistemas. Isto é feito para sistematizar o trabalho de engenharia requerido no projeto, montagem e teste, dividindo-o em áreas de competência. Os subsistemas usualmente encontrados são os seguintes:

1. Controle de Atitude (Attitude Determination and Control ou Attitude Control System – ACS)

- **Objetivo:** Controlar o apontamento do satélite no espaço.
- **Partes:** Rodas de reação ou volantes de inércia, bobinas magnéticas, sensores de Sol, de Terra, de estrelas, magnetômetros e giroscópios.

2. Suprimento de Energia (Electrical Power and Distribution)

- **Objetivo:** Fornecer a energia necessária aos diversos subsistemas.
- **Partes:** Painéis solares e seus diversos acessórios, conversores e baterias.

3. Telecomunicação de Serviço (Telemetry, Tracking and Command)

- **Objetivo:** Enviar e receber os dados que permitem o acompanhamento do funcionamento e o comando do satélite.
- **Partes:** Transmissores, receptores e antenas.

4. Gestão de Bordo (Command and Data Handling)

- **Objetivo:** Processar as informações recebidas da ou a serem enviadas para a Terra e as informações internas ao satélite.
- **Partes:** Computador(es) de bordo e seu software.

2.1 – Satélites artificiais: Subsistemas (cont.)

5. Estrutura e Mecanismos (Structures and Mechanisms)

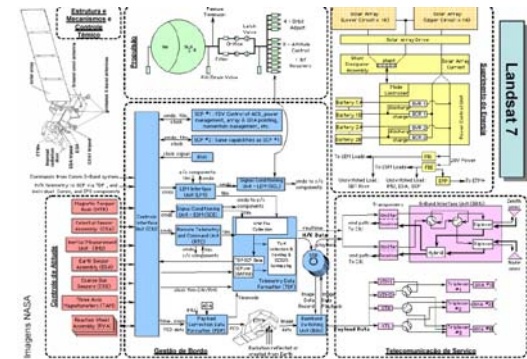
- **Objetivo:** Fornecer o suporte mecânico e de movimento para as partes do satélite. Também oferecer proteção contra as vibrações de lançamento e contra a radiação em órbita.
- **Partes:** Estrutura primária e estruturas secundárias, mecanismos de abertura de painéis solares e de separação do lançador, mecanismos de abertura de antenas, dispositivos pirotécnicos, mecanismos de extensão, alinhamento e suspensões com amortecedores.

6. Controle Térmico (Thermal Control)

- **Objetivo:** Manter os equipamentos dentro de suas faixas nominais de temperatura.
- **Partes:** Aquecedores, “heat-pipes”, isoladores, pinturas e radiadores.

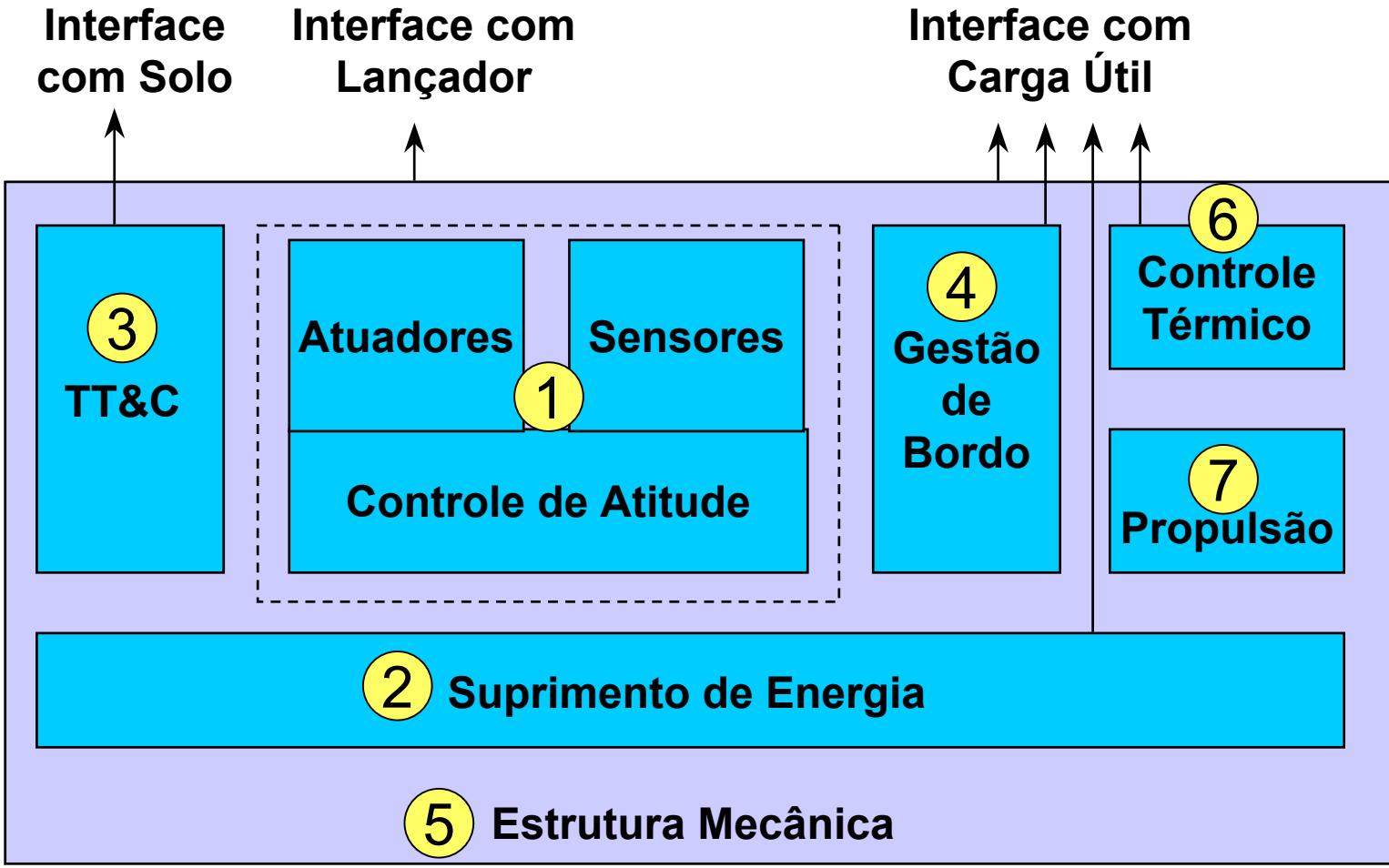
7. Propulsão (Propulsion)

- **Objetivo:** Fornece o empuxo necessário para o controle da atitude e da órbita.
- **Partes:** Bocais ou tubeiras, válvulas, reservatórios e tubulações.



Exemplo de diagrama de blocos dos subsistemas de um satélite.

2.1 – Subsistemas do corpo principal de um satélite (Segmento Espacial), [8]



2.1 – Fatores que influenciam a especificação de satélites artificiais

- Dimensão (**Size**) e Massa (**Weight**)
 - Usualmente cresce com as demandas associadas às cargas úteis e/ou à vida (necessidades de combustível e potência elétrica). É limitada pela capacidade do lançador escolhido.
- Potência requerida (**Power**)
 - Cresce com as demandas das cargas úteis e é limitado por fatores como peso e dimensão.
- Taxa de transferência de dados (**Data Rate**)
 - Está associada à missão e é limitada pela capacidade de processamento e armazenamento de dados a bordo, bem como à capacidade do sistema de transmissão para o solo.
- Sistema de comunicação (**Communications**)
 - Associado à carga útil e à missão. É limitado pela disponibilidade de estações de solo.
- Apontamento (**Pointing** ou **Attitude**)
 - Associado à carga útil e à missão. É limitado por fatores como custo e massa.
- Número de satélites
 - Associado à missão e é limitado pelo custo.

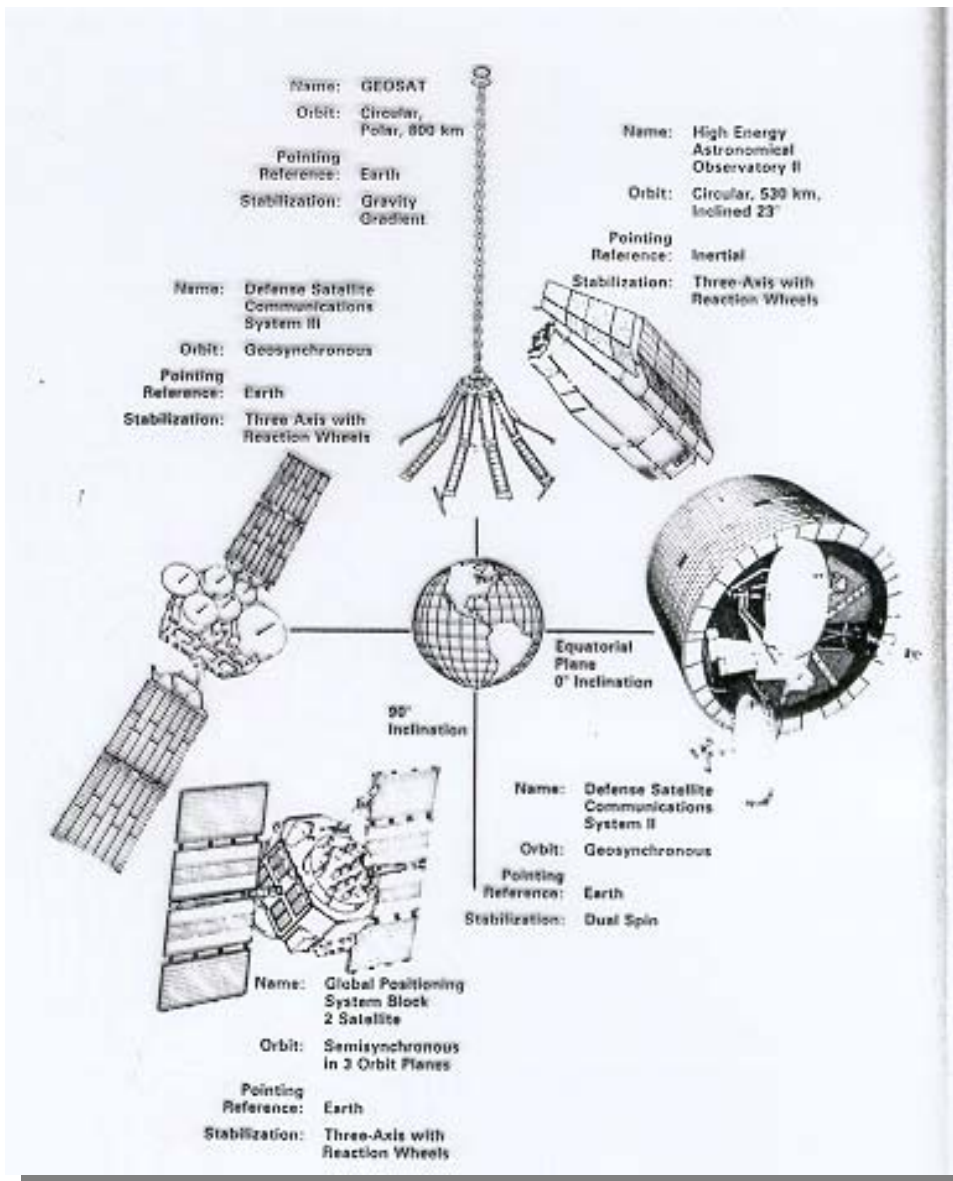
2.1 – Fatores que influenciam a especificação de satélites artificiais (cont.)

- **Altitude (Altitude)**
 - Associada à carga útil e à missão e limitado pelo lançador e massa do satélite.
- **Cobertura (Coverage)**
 - Associada à missão e limitado pela órbita e campo de visada da carga útil.
- **Programação das passagens (Scheduling)**
 - Associada à missão.
- **Operações (Operations)**
 - Associadas ao nível de autonomia do satélite (dependência maior ou menor do solo). São limitadas pela disponibilidade de comunicação, pessoal e custo.

2.1 – Arquitetura Mecânica (*)

- Como **Arquitetura Mecânica** é designada genericamente a atividade de engenharia de sistemas relacionada com a integração mecânica entre os subsistemas do satélite.
- Atividades e resultados da tarefa de Arquitetura Mecânica:
 - Estabelecer a concepção mecânica do satélite.
 - Definir e gerenciar o “layout mecânico”.
 - Preparar e acompanhar a distribuição (ou “budget”) de propriedades de massa.
 - Gerenciar os subsistemas de **Estruturas e Mecanismos** e de **Controle Térmico**.
 - Elaborar documentação de especificação.
 - Gerenciar a interface com os responsáveis pelas atividades de integração e testes.
 - Gerenciar a interface com a Agência Lançadora.
 - Gerenciar as atividades de testes dos modelos estrutural e térmico e de montagem da maquete do satélite (quando existentes).
 - Realizar as análises preliminares de viabilidade.
 - Estabelecer as margens para a acomodação de modificações.
 - Prever as necessidades das atividades de manuseio (montagem integração e testes – AIT).
 - Avaliar as tecnologias disponíveis versus custo.
 - Negociar as limitações de massa e envelope dinâmico do lançador.
 - Negociar os requisitos da(s) Carga(s) Útil(eis) e da plataforma.
 - Determinar os requisitos para a sobrevivência aos ambientes presentes em todas as fases do programa.

2.1 – Arquitetura mecânica: Exemplos, [4]



A figura apresenta cinco satélites diferentes.

As diferenças manifestam-se nas órbitas adotadas, no tipo de estabilização e na direção do apontamento.

As diferentes configurações são o resultado de processos de engenharia que visam obter um projeto que cumpra os requisitos de desempenho e confiabilidade a um custo mínimo (para o próprio satélite e para seu lançamento e operação).

2.1 – Arquitetura Elétrica e de Software (*)

- Como **Arquitetura Elétrica e de Software** é designada genericamente a atividade de engenharia de sistemas relacionada com as interligações elétricas e por meio de software entre os subsistemas do satélite.
- Atividades e resultados da tarefa de Arquitetura Elétrica e de Software:
 - Elaborar diagramas de blocos do funcionamento do satélite.
 - Dimensionar o subsistema de **Suprimento de Energia**.
 - Planejar e gerenciar a integração elétrica (cablagem, aterramento).
 - Planejar e gerenciar a integração de software.
 - Avaliar o impacto dos requisitos de Compatibilidade Eletromagnética.
 - Estabelecer e gerenciar as interfaces elétricas e de software internas ao satélite (entre os subsistemas).
 - Estabelecer e gerenciar as interfaces elétricas e de software externas ao satélite (com o ambiente de testes, de solo e com o lançador).

2.1 – Arquitetura Elétrica e de Software: Exemplo de diagrama de blocos, [2]

Subsistemas

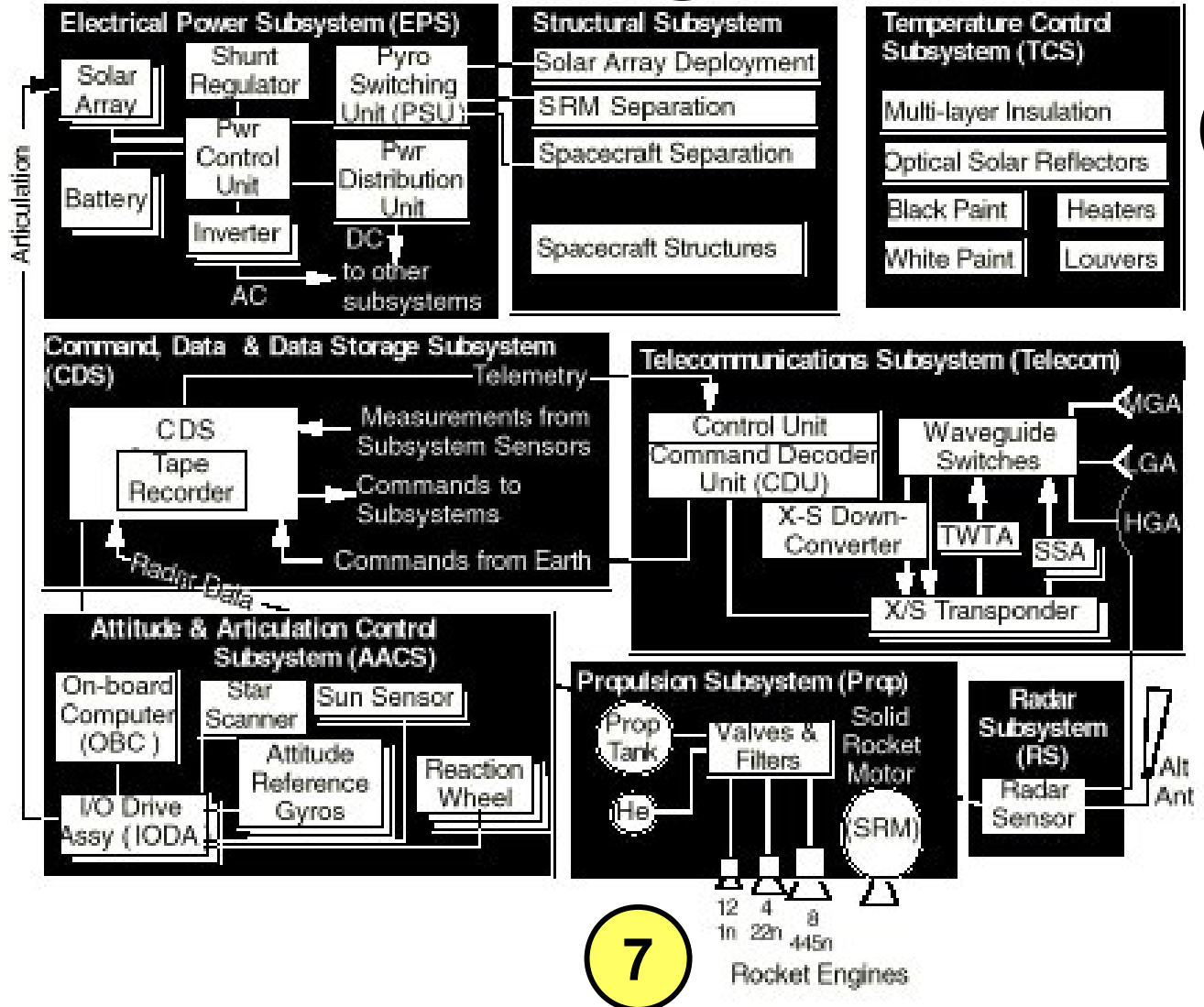
2

5

1

Block Diagram of Magellan Space Flight System

6



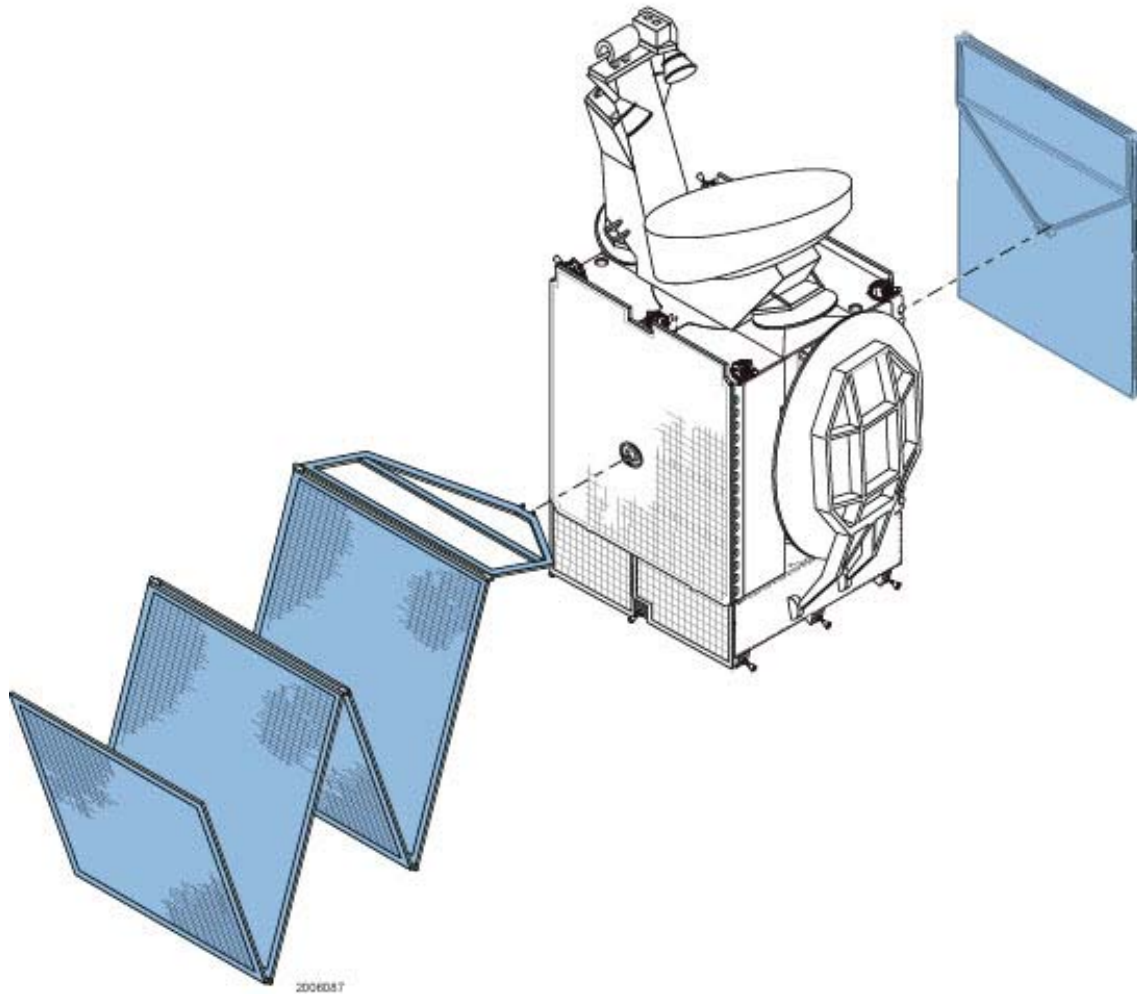
3

4

7

2.1 – Exemplo da arquitetura e integração de um satélite de comunicações (*) (cont.)

SOLAR ARRAY INTEGRATION

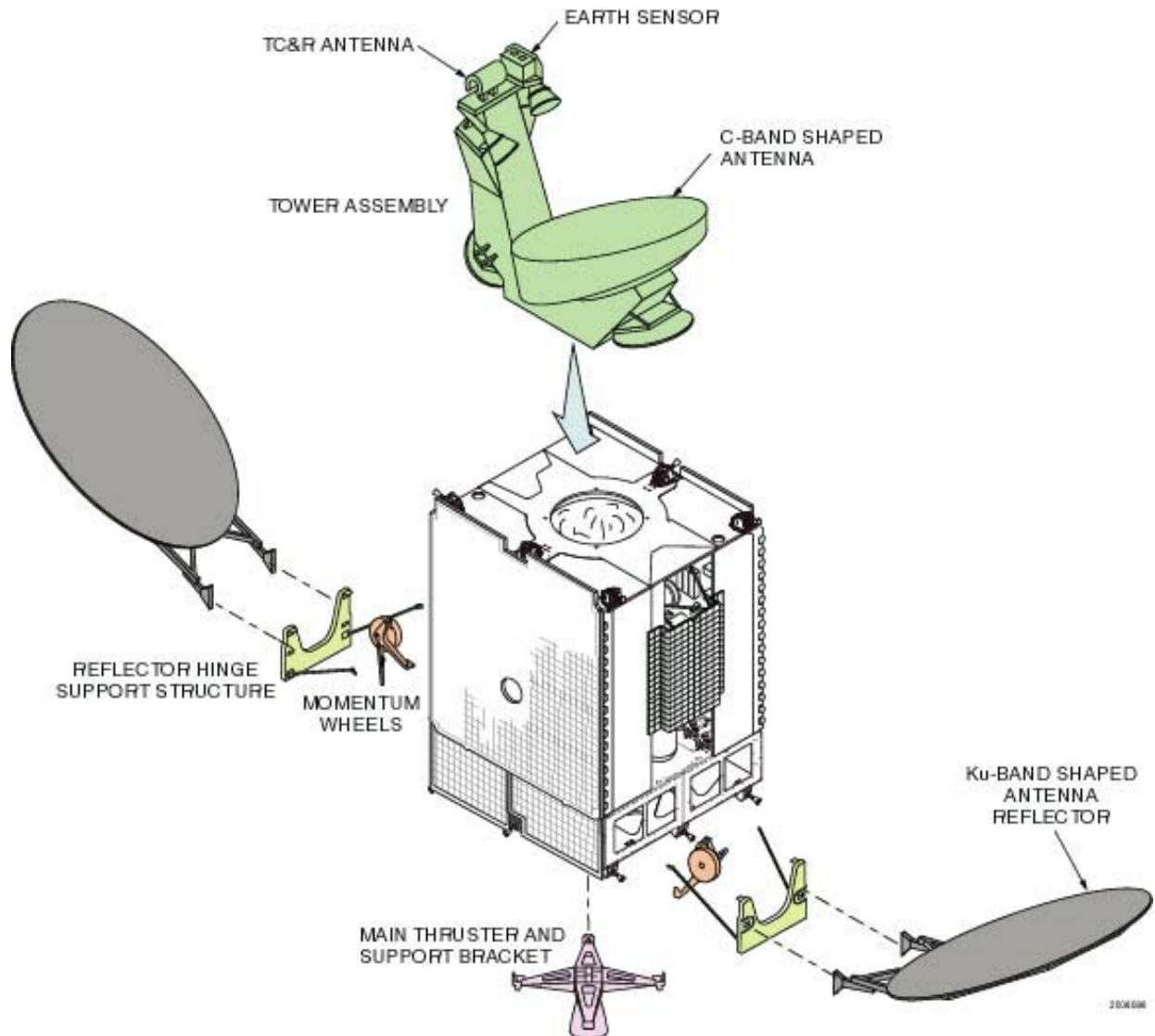


Satélite completo

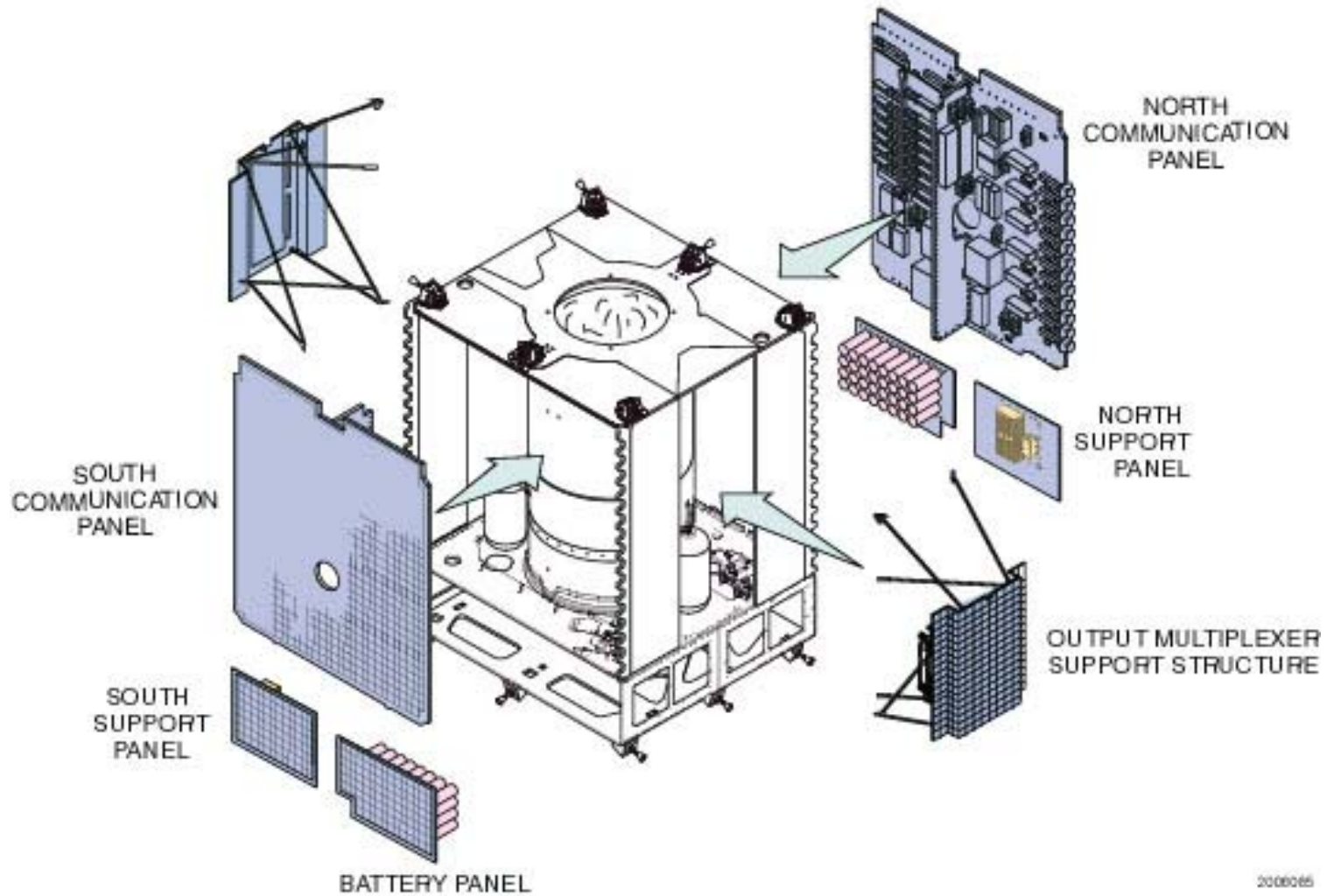


2.1 – Exemplo da arquitetura e integração de um satélite de comunicações (cont.)

TOWER/ANTENNA INTEGRATION



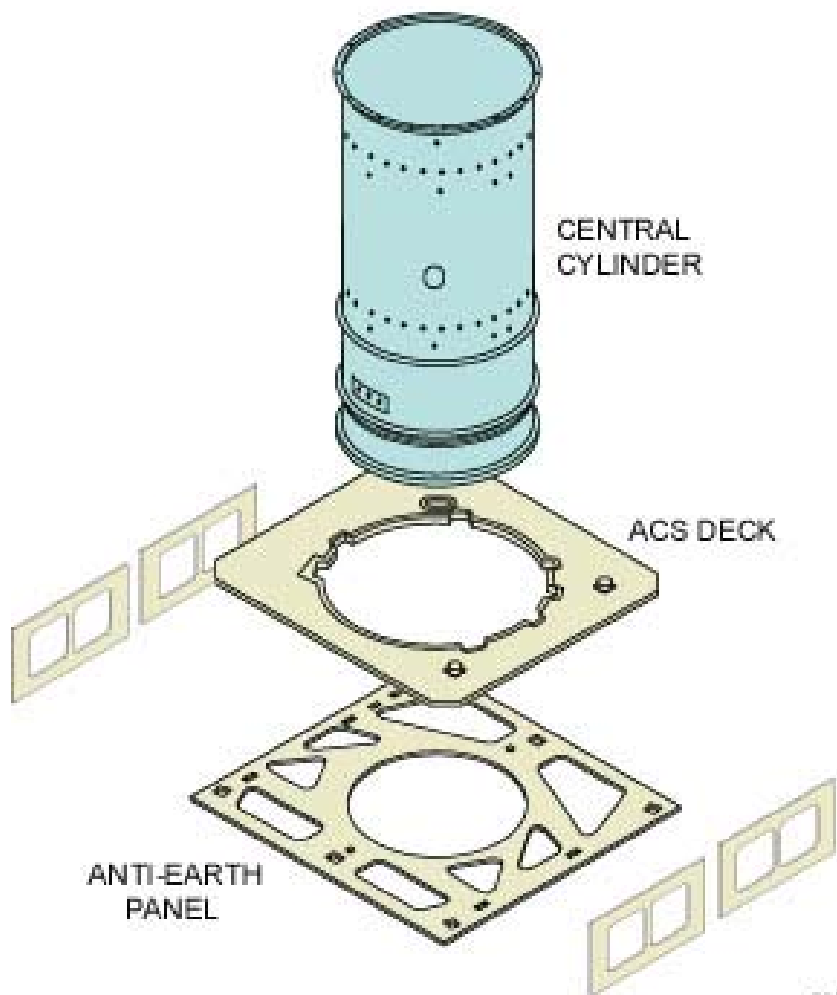
MAINBODY INTEGRATION



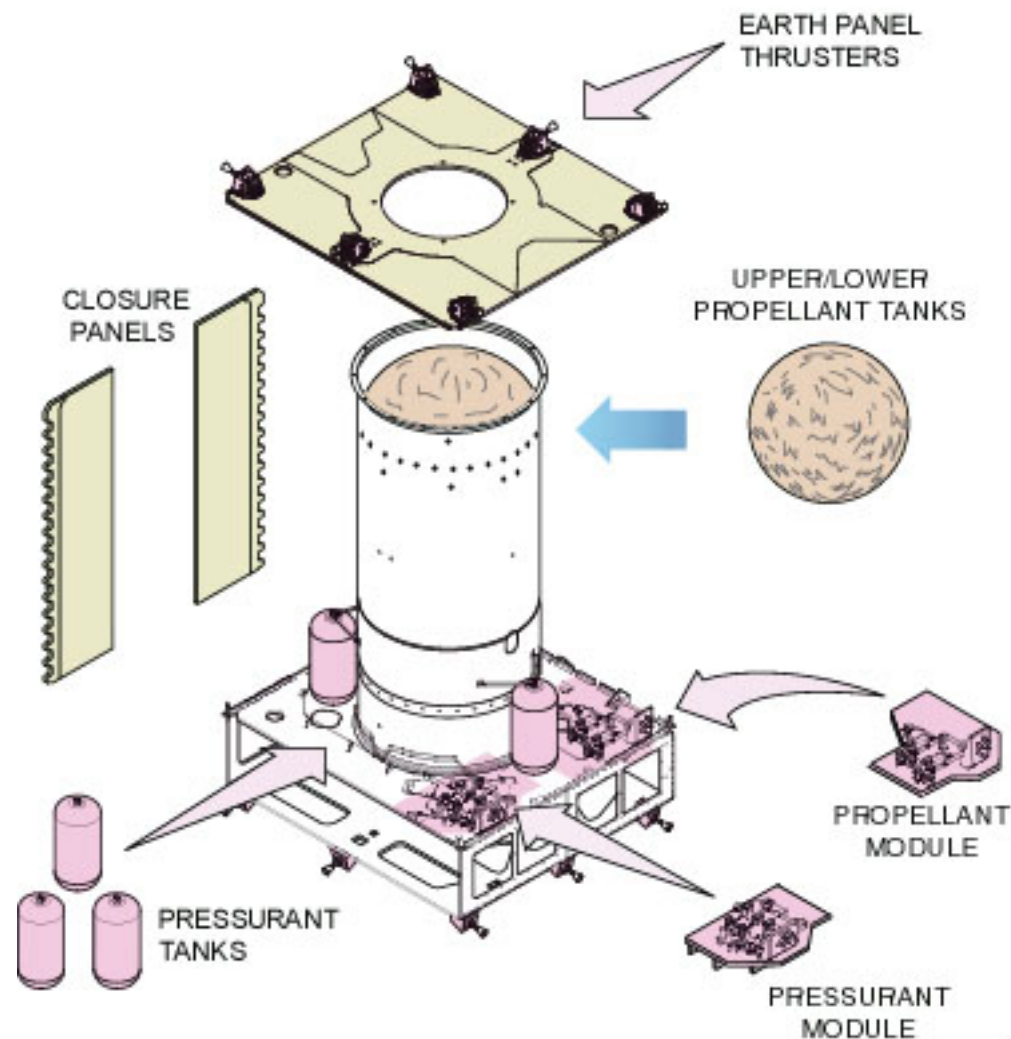
2008065

2.1 – Exemplo da arquitetura e integração de um satélite de comunicações (cont.)

STRUCTURE INTEGRATION



PROPULSION INTEGRATION



2.1 – Exemplo da arquitetura e integração de um satélite de comunicações

