

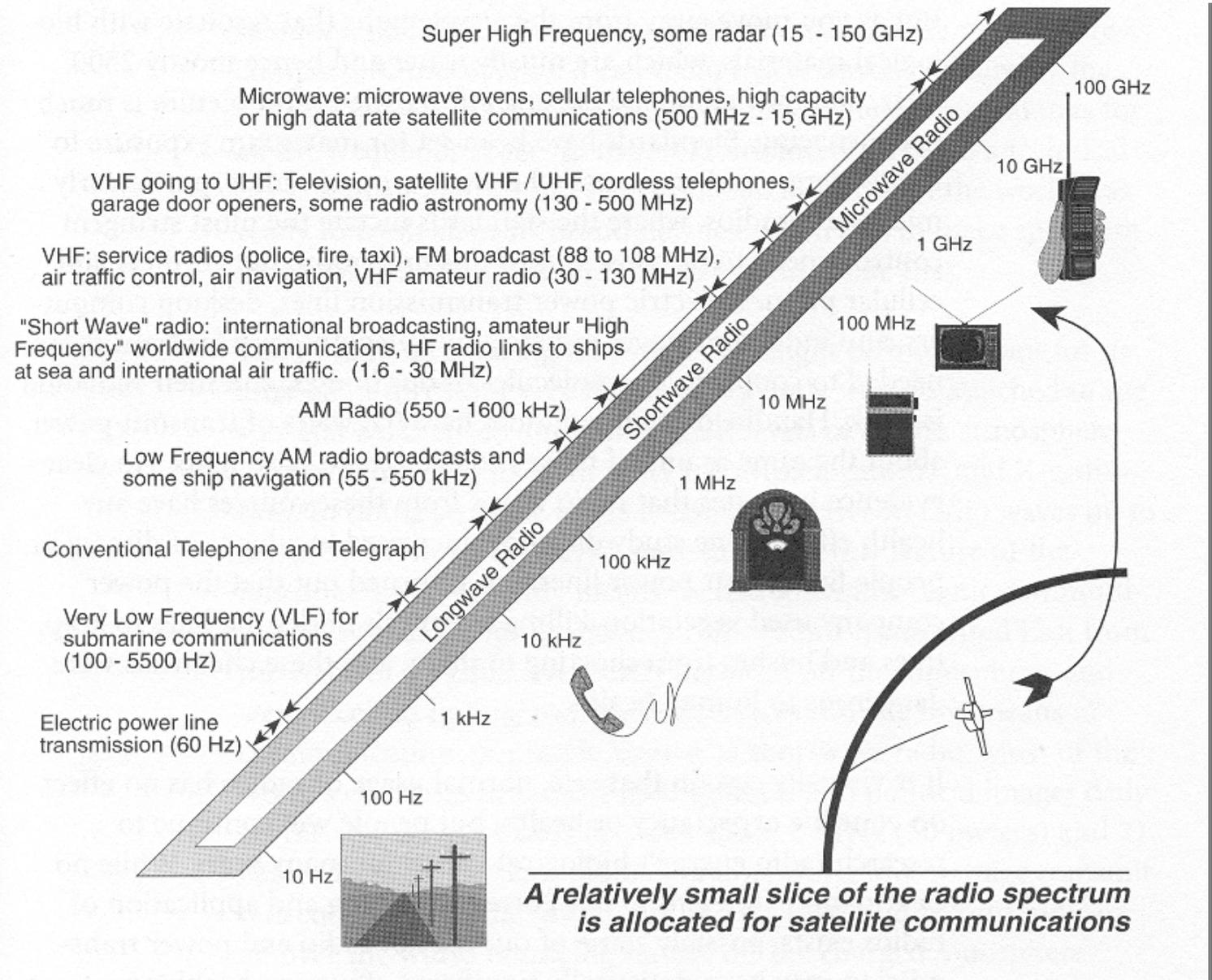
**Subsistema de Telecomunicação de Serviço e Centros de  
Controle e de Missão**

---

Petrônio Noronha de Souza

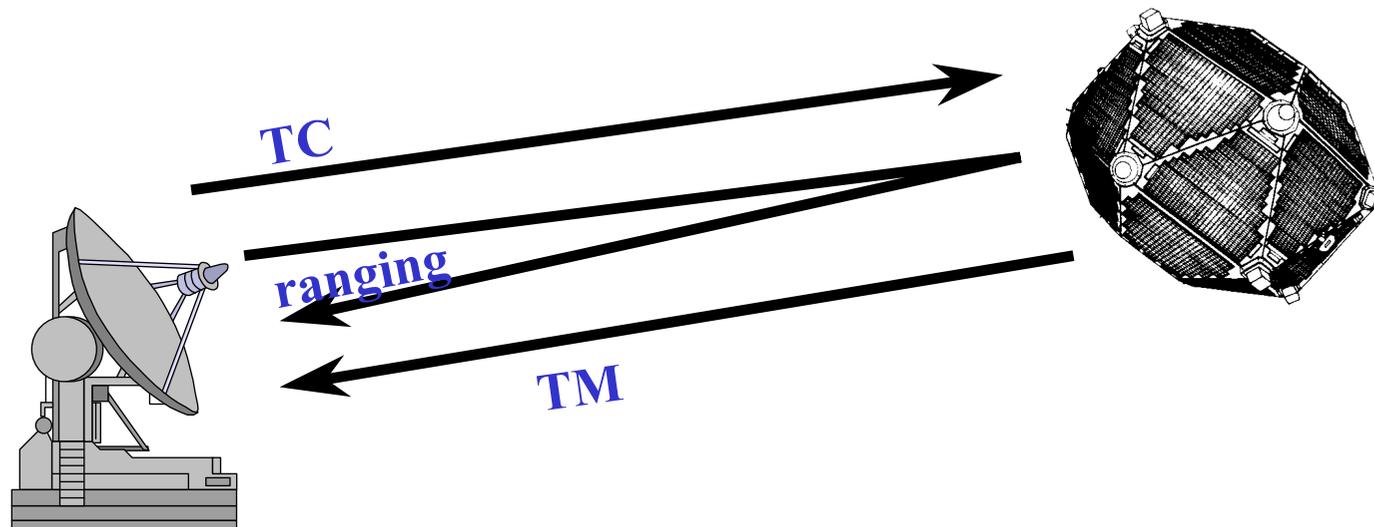
**Coordenação Geral de Engenharia e Tecnologia Espacial – ETE  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
São José dos Campos, SP  
Novembro de 2002**

# 2.4 – O espectro de freqüências, [1]



## 2.4 – Subsistema de Telecomunicação de Serviço (\*)

- O subsistema de Telecomunicação de Serviço também é conhecido como:
  - Telemetria, Rastreo, e Comando (“Telemetry, Tracking and Command” – TT&C).
  - Telemetria (TM), Rastreo (R), Telecomando (TC).
- Ele é projetado para permitir que as seguintes funções sejam cumpridas:
  - **Rastreamento:** determina a posição do satélite e segue seu movimento utilizando informações das posições angulares e respectivas velocidades.
  - **Telemetria:** Coleta, codifica e transmite medidas de sensores e dados digitais que caracterizam o estado e a configuração do satélite.
  - **Comando:** Recebe, verifica e executa comandos para o controle remoto das funções do satélite, bem como de sua configuração e movimento.
- O Subsistema de Telecomunicação de Serviço deve assegurar as telecomunicações de serviço entre o Segmento Solo e o Segmento Espacial. A ligação ascendente contém os telecomandos e os tons de localização e a ligação descendente contém as telemetrias e os tons de localização.

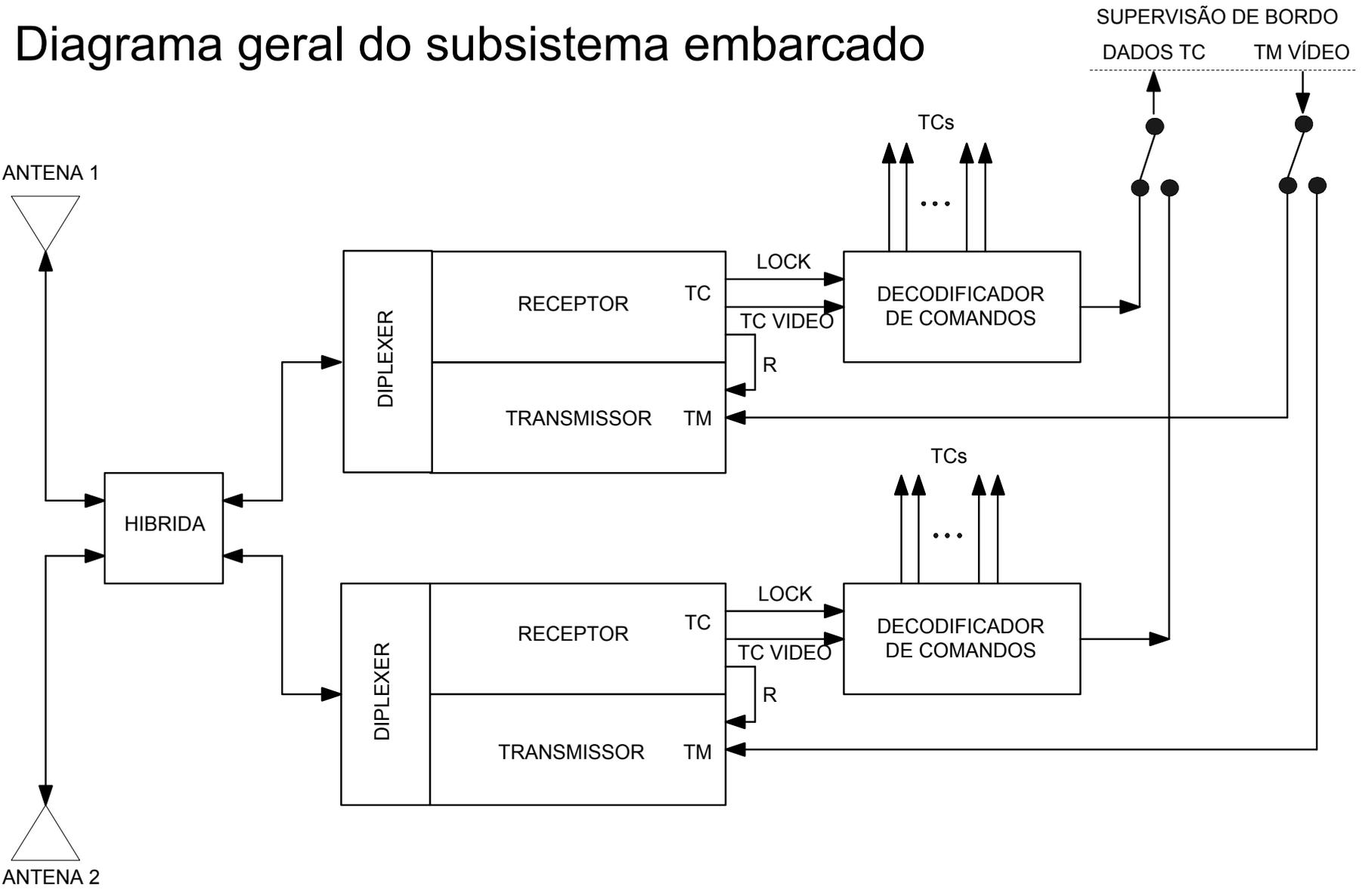


### ● **Conceitos básicos em rastreo e controle de satélites:**

- Determinação do Estado (situação) do Satélite por meio de Telemetria (medida à distância) transmitida pelo satélite via rádio freqüência.
- Atuação no satélite através de Telecomando (comando à distância) transmitido pelo Segmento Solo via rádio freqüência.
- Faixa de rádio freqüência alocada para Operação Espacial em Banda S (Telecomando em 2025-2120 MHz e Telemetria em 2200-2300 MHz) (ANATEL/UIT – União Internacional de Telecomunicações).
- Determinação de órbita através de:
  - Medidas de Distância (“ranging”) entre o satélite e a estação.
  - Medida de Velocidade (“range-rate”) radial do satélite em relação à estação.
  - Medidas Angulares da Antena (azimute, elevação).
- Determinação da atitude do satélite (orientação do satélite no espaço obtido através de dados de sensores a bordo, pertencentes ao Subsistema de Controle de Atitude).

# 2.4 – Subsistema de Telecomunicação de Serviço

## Diagrama geral do subsistema embarcado

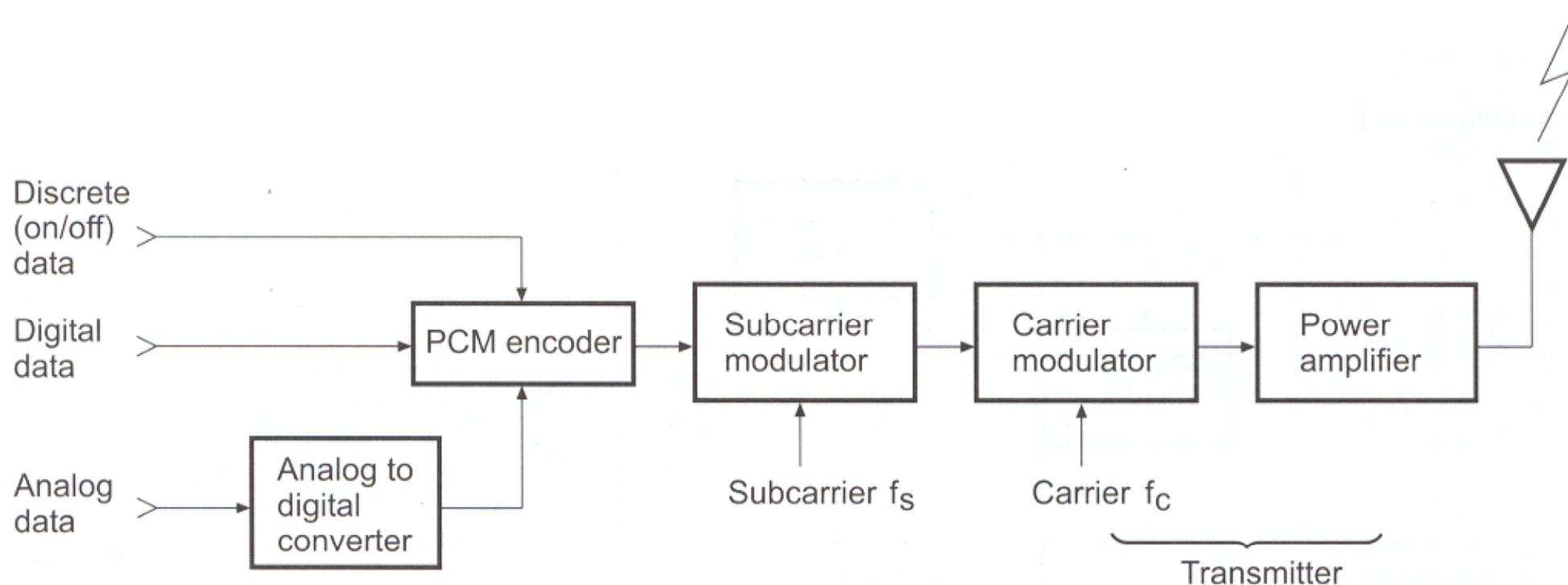


## 2.4 – Subsistema de Telecomunicação de Serviço: Telemetria

---

- A **Telemetria** de um satélite consiste em medidas de sensores e dados digitais multiplexados em uma única seqüência de dados.
- Os sensores normalmente presentes em satélites medem temperatura, pressão, potência elétrica, corrente, voltagem, freqüências, etc.
- As leituras analógicas são amostradas periodicamente e convertidas em leituras digitais por meio de conversores A/D (Analógico/Digitais).
- Dados digitais são tipicamente posições de chaves, dados da memória e ecos de comandos.
- As taxas de transmissão variam na faixa de 10 bps a 200 kbps (bps = bits por segundo).
- Os dados de telemetria podem ser codificados e encriptados antes da transmissão. Neste caso eles serão decodificados e deencriptados na estação de recepção no solo.
- O processamento nas estações de solo inclui:
  - Demultiplexação dos parâmetros da seqüência de dados.
  - Organização dos dados de acordo com o subsistema a que se referem.
  - Conversão para unidades de engenharia.
  - Formatação no display do console do centro de controle para acompanhamento em tempo real.
  - Arquivamento.
- Sistemas de solo mais sofisticados calculam tendências estatísticas e fazem a verificação automática de anomalias, podendo disparar alarmes para os operadores.

## 2.4 – Telemetria: Diagrama de blocos típico, [3]



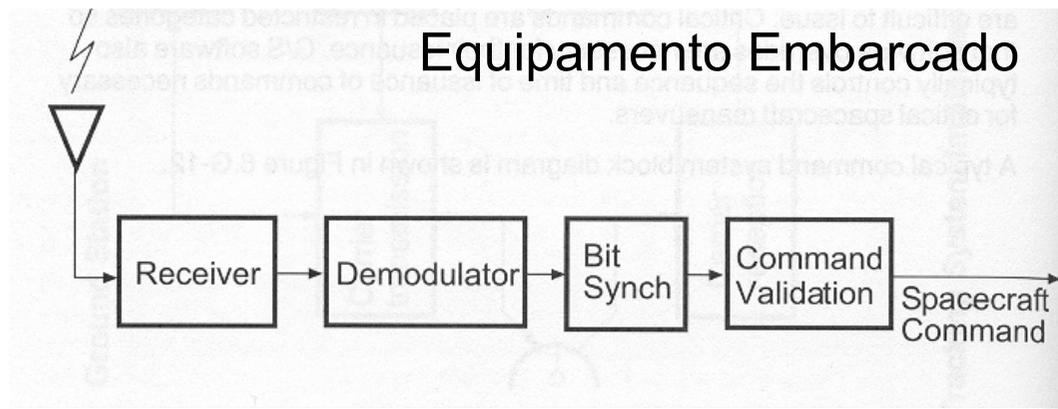
- Other approaches are possible. Selected approach should consider available spacecraft power, equipment complexity, ground station impact, and performance

## 2.4 – Subsistema de Telecomunicação de Serviço: Comando

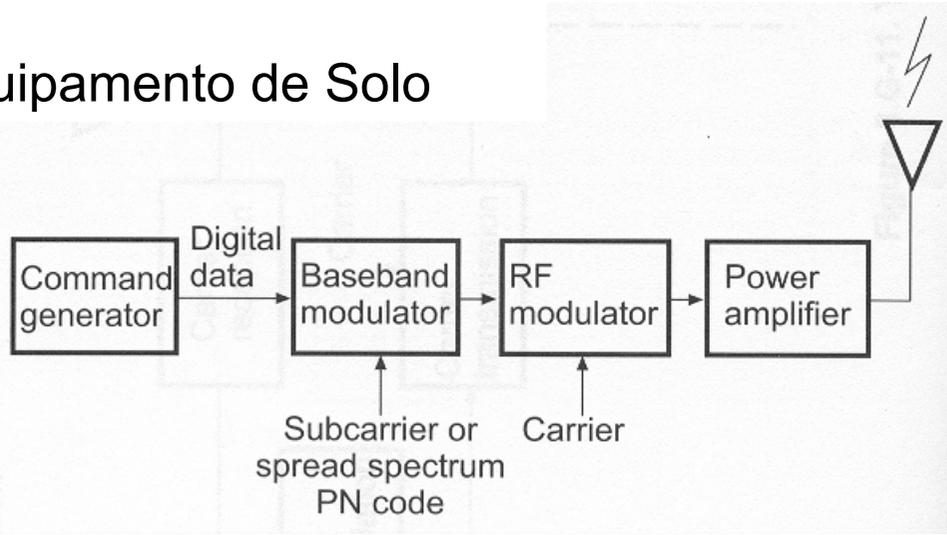
---

- As tarefas de **Comando** normalmente demandam baixa taxa de transmissão de dados (10 bps a 20 kbps), mas com alta confiabilidade.
- Os comandos gerados pelo solo são codificados e encriptados antes de seu envio. Ao serem recebidos são decodificados, deencriptados e validados para determinar sua autenticidade. Isto previne que padrões aleatórios ou errados venham a ser executados como comandos. Uma vez validados eles são executados e seus efeitos são observados via dados de telemetria. Os comandos recebidos podem ser também reenviados para o solo via telemetria para prover um critério adicional de verificação.
- A cadeia dos equipamentos de processamento de comandos deve ser cuidadosamente projetada para evitar “travamentos” acidentais. Redundâncias devem ser configuradas de modo a evitar que pontos únicos de falha impeçam sua recepção.
- O software de solo é geralmente projetado de forma a dificultar o envio inadvertido de comandos. Comandos críticos são colocados em categorias restritas que exigem duplicidade de autorizações antes de seu envio. O software de solo também gerencia a seqüência e época de envio de comandos necessários para a execução de manobras críticas.

## 2.4 – Comando: Diagrama de bloques típico, [3]



## Equipamento de Solo

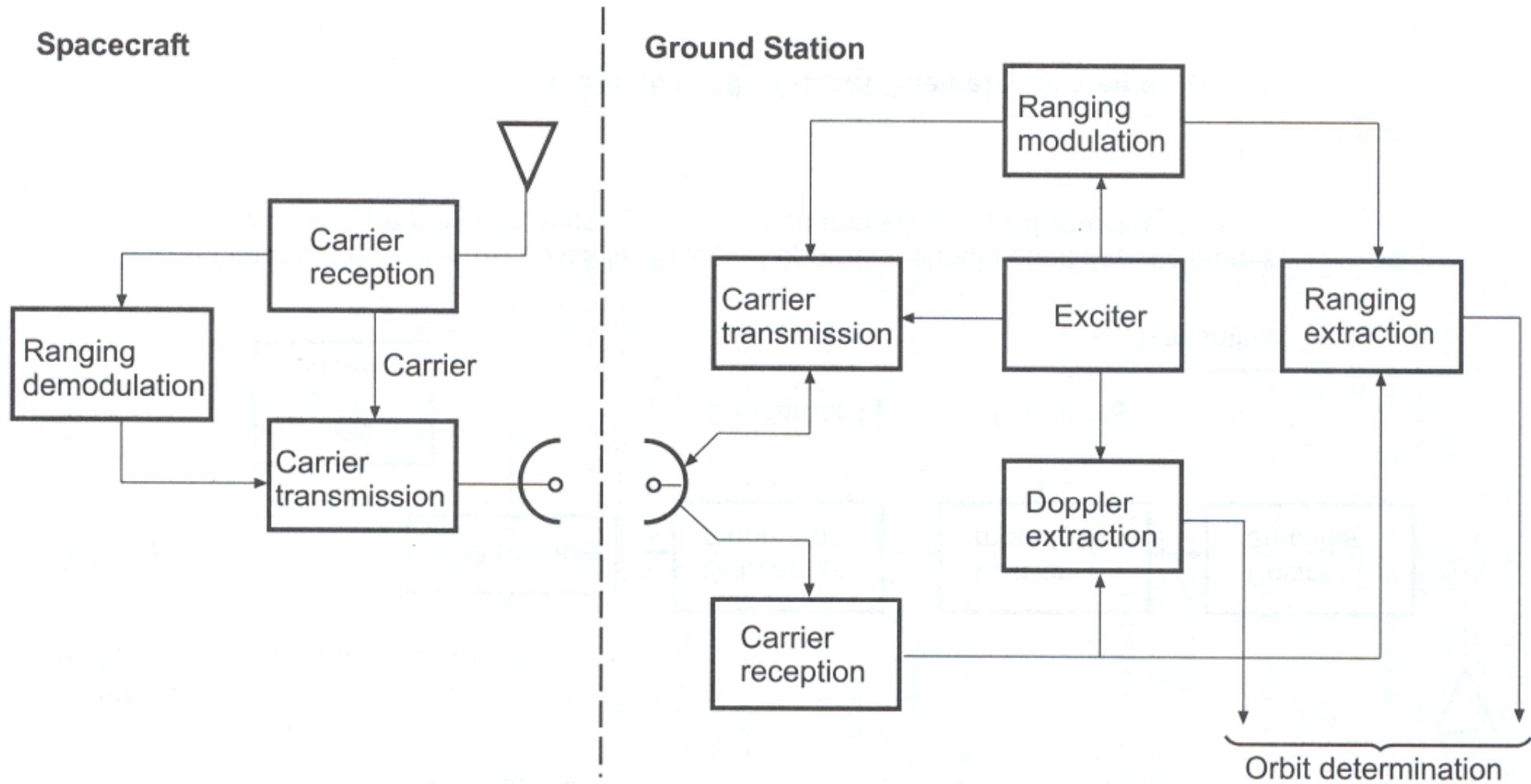


## 2.4 – Subsistema de Telecomunicação de Serviço: Rastreo

---

- Os dados de rastreo são constituídos por informações de **direção** (“direction”), **distância** (“range”) e **taxa de variação da distância** (“range rate”).
- A **direção** é obtida por meio da medida dos ângulos de elevação e azimute das antenas de rastreo. As antenas normalmente possuem sistemas para a determinação da direção que proporciona o sinal mais forte vindo do satélite, que é associado a malhas de controle do tipo “autotrack”, concebidas para seguir automaticamente o movimento do satélite.
- A **distância** é obtida pela medida do tempo (“delay”) que leva para um sinal emitido ir até o satélite e voltar. As antenas enviam sinais de forma contínua. O satélite recebe, extrai o sinal da portadora, remodula e reenvia para o solo, que por sua vez recebe o novo sinal e o correlaciona com o enviado, determinando assim o atraso.
- A **taxa de variação da distância** é determinada por meio de técnicas “doppler”. A aproximação ou o afastamento do satélite em relação à antena no solo faz com que ele observe uma onda com flutuações de frequência para mais (se estiver se aproximando) e para menos (se estiver se afastando). Estas flutuações são detectadas pelo satélite e informadas para o solo, que assim determina a taxa de afastamento ou aproximação na linha de visada entre a antena no solo e o satélite.

## 2.4 – Rastreo: Diagrama de blocos típico, [3]

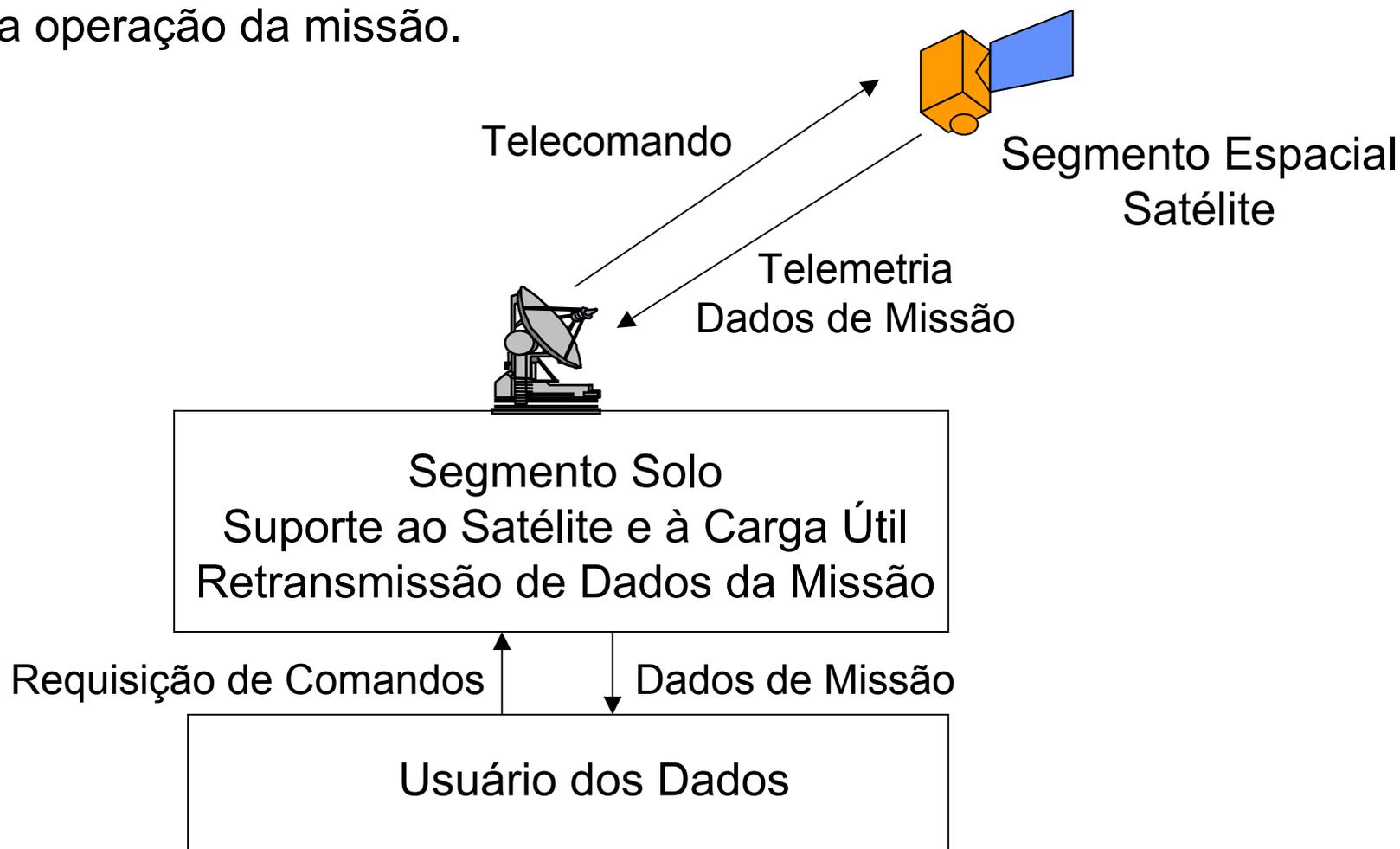


---

## 2.4 – Centros de Controle e de Missão

## 2.4 – Centros de Controle e de Missão: O papel do Segmento Solo na Missão (\*)

- Trata-se da infra-estrutura de solo, incluindo pessoal, para:
  - Atender aos requisitos da missão.
  - Viabilizar a operação da missão.



## 2.4 – Centros de Controle e de Missão: Arquitetura e infra-estrutura

---

- **Arquitetura Segmento Solo:**
  - Segmento Solo de Rastreo e Controle, também conhecido como TT&C.
  - Segmento Solo de Aplicações ou Carga Útil.
  
- **Infra-estrutura física do Segmento Solo:**
  1. Centro de Controle de Satélites (CCS)
  2. Estação Terrena
  3. Centro de Missão
  4. Rede de Comunicação de Dados
  
- **Infra-estrutura de software do Segmento Solo:**
  - Software em Tempo Real (para o controle dos equipamentos das estações)
  - Software de Dinâmica Orbital
  - Simuladores de Satélites
  - Rede de computadores conectados em rede local

## 2.4 – Centros de Controle e de Missão: Funções

---

### 1. Centro de Controle de Satélites (CCS):

- Receber, processar e armazenar as telemetrias.
- Gerar, validar e enviar os telecomandos às estações.
- Determinar e propagar as órbitas e a atitude dos satélites.
- Solicitar, receber e processar medidas de distância, de velocidade e angulares.
- Receber e monitorar o status do Segmento Solo.
- Armazenar, recuperar e apresentar dados históricos.
- Preparar e realizar manobras com os satélites.
- Gerar as previsões de passagem dos satélites pelas estações.
- Gerar os planos de vôo para os satélites controlados.

### 2. Estação Terrena:

- Rastrear os satélites.
- Receber as telemetrias dos satélites.
- Transmitir os telecomandos para os satélites.
- Realizar as medidas de distância, de velocidade e angulares.
- Realizar testes e calibrações.
- Armazenar arquivos históricos da operação da estação.
- Receber e processar dados de carga útil.

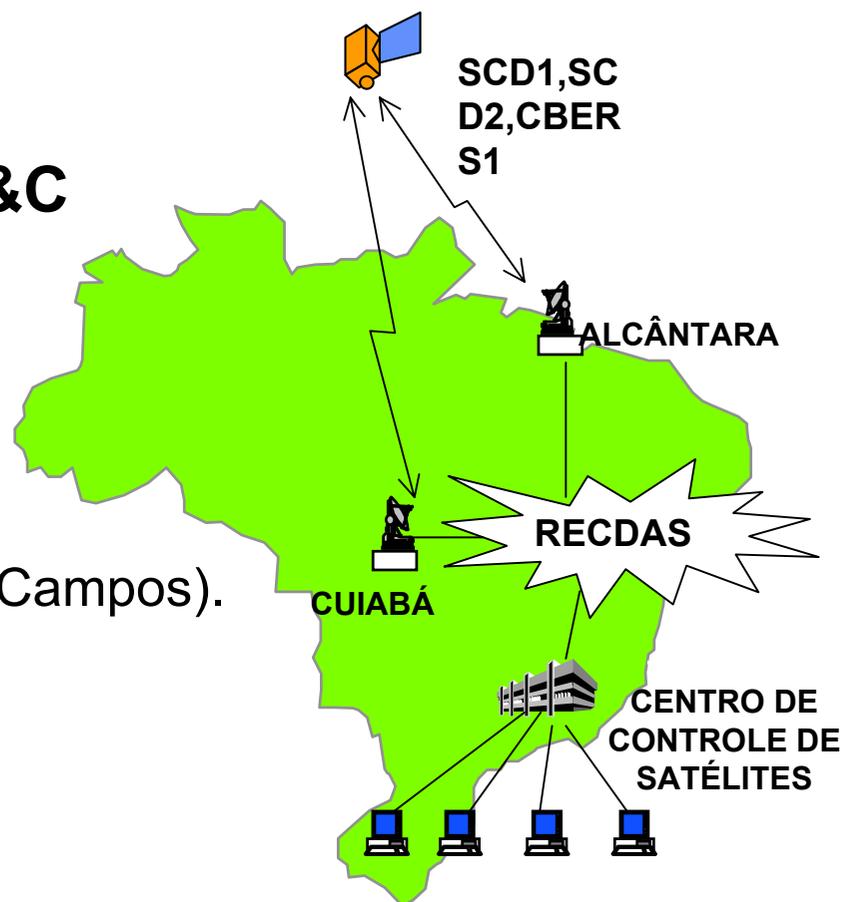
### 3. Centro de Missão:

- Adquirir os dados de carga útil.
- Verificar consistência dos dados adquiridos.
- Processar os dados de carga útil.
- Controlar a qualidade dos dados da missão.
- Armazenar e recuperar os dados da missão.
- Disseminar dados aos usuários.
- Atender às requisições dos usuários, encaminhando programação de uso da carga útil ao CCS (quando aplicável).

### 4. Rede de Comunicação de Dados:

- Prover os meios de comunicação entre os diversos componentes do Segmento Solo.
- Rede privada de comunicação de dados, implementando protocolos de comunicação tais como o X.25, TCP/IP.

### Segmento Solo TT&C



- **Rastreo e Controle:**

- Centro de Controle de Satélites (S.J. dos Campos).
- Estação Terrena de Cuiabá.
- Estação Terrena de Alcântara.
- Rede de comunicação de dados.

- **Missão coleta de dados:**

- Estação de recepção de Cuiabá e Alcântara (Carga Útil).
- Centro de Missão Coleta de Dados (CMCD) – Cachoeira Paulista.
- Redes de Plataformas de Coleta de Dados.

## 2.4 – Centros de Controle e de Missão: Infra-estrutura da MECB



Prédio do CCS (SJC)



Centro de Missão Coleta de Dados  
(Cachoeira Paulista)



Sala de Controle  
do CCS (SJC)



Estação Terrena (Cuiabá)

## 2.4 – Centros de Controle e de Missão: Plataformas de Coleta de Dados – MECB

