

SISTEMA DE DETERMINAÇÃO E CONTROLE DE ATITUDE

**TÓPICOS EM CONTR. DE SIST. AEROESPACIAIS
AULA 01 - INTRODUÇÃO GERAL**

PROF. DR. RENATO A. BORGES

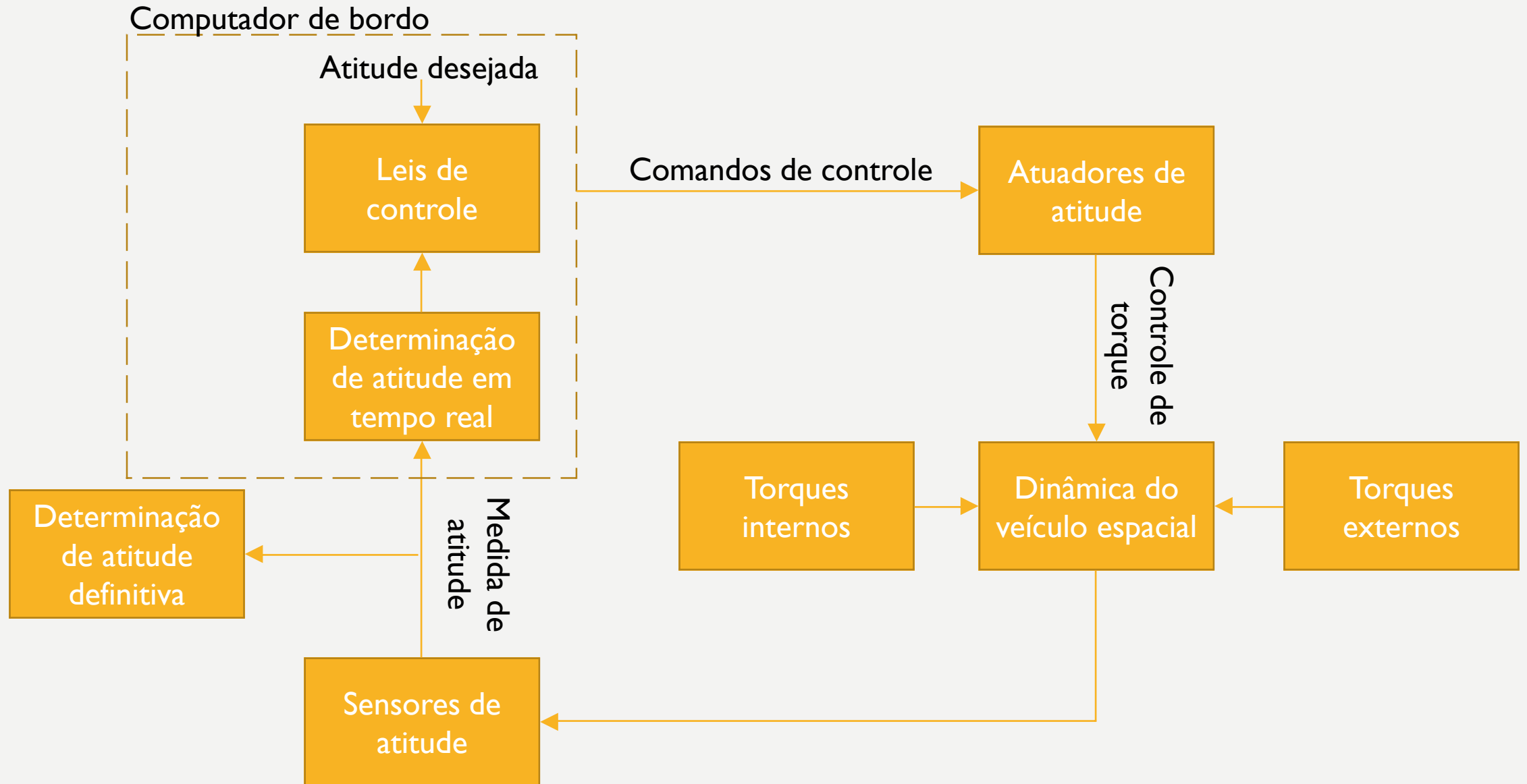
DETERMINAÇÃO E CONTROLE DE ATITUDE

- **Atitude:** orientação tridimensional de um objeto em relação a um sistema de referência específico;
- **Sistema de determinação e controle de atitude (ADCS):** inclui sensores, atuadores, eletrônica, algoritmos, software, e equipamentos no segmento solo utilizados para determinar e controlar a atitude de um objeto (veículo);
- **Determinação da atitude:** processo que consiste em combinar as informações disponíveis nos sensores com o conhecimento da dinâmica do veículo para fornecer de forma única e precisa a atitude em função do tempo, seja para uso imediato (onboard em tempo real), seja para processamento posterior;
- **Controle da atitude:** processo que consiste em combinar a previsão e a reação ao movimento dinâmico rotacional do veículo, seja de forma passiva (distúrbios do ambiente estabilizam a atitude) ou ativa (atuadores tais como rodas de reação, etc).

ADCS PARA UMA MISSÃO ESPACIAL

| Etapa | Entrada | Saída |
|---|---|---|
| 1a) Definir modos de controle; 1b) Definir requisitos de sistema por modo de controle. | Requisitos da missão, perfil da missão, tipo de inserção para o veículo lançador. | Lista dos diferentes modos de controle durante a missão. Requisitos e restrições. |
| 2) Quantificar os distúrbios do ambiente. | Geometria do veículo, órbita, modelos magnético e solar, perfil da missão. | Valores de torques de fontes externas e internas. |
| 3) Selecionar o tipo de controle pelo modo de controle de atitude. | Payload, necessidades térmica e de energia, órbita, direção de apontamento, distúrbios, precisão. | Método de estabilização e controle: 3-eixos, spinning, gradiente gravitacional, etc. |
| 4) Selecionar e dimensionar o hardware do ADCS. | Massa e geometria do veículo, precisão, geometria orbital, tempo de vida da missão, ambiente espacial, direção de apontamento, etc. | Conjunto de sensores: solar, inercial, etc. Atuadores: rodas de reação, propulsores, magnetotorquers, etc. Eletrônica processamento de dados. |
| 5) Definir algoritmos de determinação e controle de atitude. | Considerações sobre desempenho considerando limitações do sistema. | Algoritmos e parâmetros para cada modo, e lógica para mudança entre os modos de controle. |

DIAGRAMA DE UM ADCS



MODOS DE CONTROLE DE ATITUDE

| Modo | Descrição |
|--------------------|--|
| Aquisição | Determinação de atitude inicial e estabilização do veículo para comunicação com solo após o lançamento. |
| Inserção em órbita | Período em que o veículo espacial é inserido em sua órbita final. Pode influenciar alguns aspectos de projeto do ADCS. |
| Missão normal | Modo utilizado na maior parte da missão. |
| Slew | Reorientação da atitude do veículo quando necessário. |
| Contingência | Utilizado em casos de emergência se o modo regular falha ou é desabilitado. |
| Especial | Requisitos que podem ser diferentes para objetivos ou períodos de tempo específicos. |

ADCS: REQUISITOS DE DESEMPENHO

| Critério | Especificação | Comentários |
|----------------------|---|--|
| Precisão | Conhecimento e controle sobre a atitude do veículo em relação a uma referência. | Normalmente incluem erros de determinação e controle, que podem ser diferentes para eixos diferentes, etc. |
| Intervalo (range) | Intervalo do movimento angular no qual o ADCS estará atuando. | Exemplos incluem taxa de rotação, orientações, etc. |
| Jitter | Limite especificado para o movimento angular de alta frequência. | Impede indefinição excessiva de dados dos sensores. |
| Drift | Limite no movimento angular lento e de baixa frequência. | Por exemplo, 0,01 graus a cada 20min, etc. |
| Resposta transitória | Tempo de acomodação e sobressinal máximo permitido. | Pode definir limites na excursão de uma dada trajetória. |

IMPACTO DA MISSÃO E DEMAIS SUBSISTEMAS NO ADCS

Missão:

- Apontamento?
- Órbita?
- Dados de navegação onboard?
- Tempo de vida da missão;
- Precisão?
- Requisitos slew?

Sistema de Potência:

- Requisito especial?
- Consumo ADCS?

Subsistema térmico:

- Manobras térmicas necessárias?

ADCS:

- Spinner vs. 3-eixos vs. Estabilização passiva;
- Determinação em órbita vs. Em solo;
- Seleção de sensores e atuadores;
- Arquitetura computacional.

Sistema de Potência:

- Apontamento para painel solar?

Propulsão:

- Dimensões do propulsor;
- Carga do propelente;
- Impulso mínimo.

Comunicação:

- Precisão apontamento de antena?

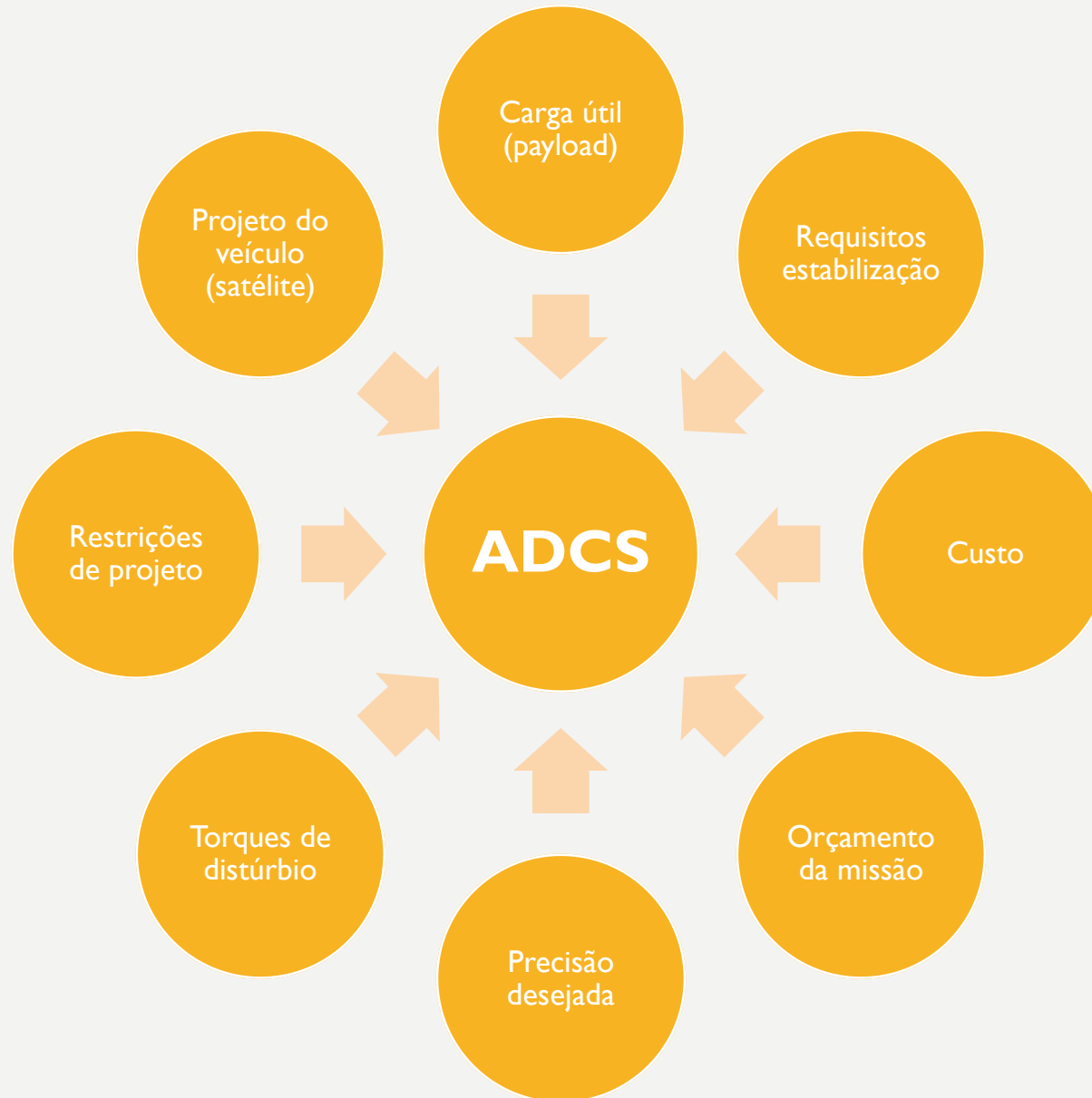
Estrutura:

- Restrições do centro de massa;
- Restrições de inércia;
- Restrições de flexibilidade;
- Localização de propulsores;
- Montagem de sensores.

ADCS: DISTÚRBIOS DO AMBIENTE

| Distúrbio | Descrição |
|-------------------------|---|
| Radiação solar | Partículas emitidas pelas atividades solares. A depender do tipo de material, e orientação do veículo pode resultar em torques devido à pressão da radiação solar. |
| Arrasto atmosférico | Arrasto devido à densidade da atmosfera. Em geral, apenas veículos em órbitas baixas (LEO) sofrem essa influência externa. A depender da geometria e orientação do veículo pode resultar em força de arrasto. |
| Campo magnético | Campo magnético terrestre. Quando o momento magnético residual do veículo está desalinhado com o campo magnético local um torque magnético será gerado no veículo. |
| Gradiente gravitacional | Pequenas variações do campo gravitacional (gradientes devido a não uniformidade) resultará em torque gravitacional (centro de gravidade desalinhado com o centro de massa). |

ADCS: FATORES QUE AFETAM A ESCOLHA



ADCS: ATUADORES TÍPICOS

| Atuador | Capacidade (desempenho) | Massa (kg) | Potência (W) |
|------------------------------------|---|------------|-------------------------------------|
| Propulsores: Gás quente ou frio | Produzem força que geram torque proporcional ao braço de alavanca. Gás quente 0,5 a 9000N; gás frio menor que 5N. | Variante | Variante |
| Rodas de reação e de momento | 0,01 a 1 Nm. Capacidade de armazenamento de momento: 0,4 a 3000 Nms | 2 a 20 | Varia com a velocidade: 10 a 100 |
| Controle de momento giroscópio | 25 a 500 Nm | > 10 | 90 a 150 |
| Magnetorquers | 1 a 4000 Am ² | 0,4 a 50 | 0,6 a 16 |

ADCS: SENSORES TÍPICOS

| Atuador | Capacidade (desempenho na determinação da atitude) | Massa (kg) | Potência (W) |
|--|--|---|--|
| Giroscópios | Taxa de drift de 0,003 graus/hora a 1 grau/hora. Estabilidade da taxa de drift varia muito. | < 0,1 a 15 | < 1 a 200 |
| Sensor solar | Precisão de 0,005 a 3 graus. | 0,1 a 2 | 0 a 3 |
| Sensor de estrela | 1 arcseg a 1 arcmin. | 2 a 5 | 5 a 20 |
| Sensor de horizonte (dispositivos infravermelho) | Precisão de 0,05 a 1 grau - scanner; < 0,1 a 0,25 graus (estático). | 1 a 4 (scanner) 0,5 a 3,5 (estático) | 5 a 10 (scanner) 0,3 a 5 (estático) |
| Magnetômetro | Precisão de 0,5 a 3 graus. | 0,3 a 1,2 | < 1 |

