

# SAA0167

## Princípios de Aviônica e Navegação

### Instrumentos Analógicos de Indicação de Atitude

Prof. Dr. Jorge Henrique Bidinotto  
jhbidi@sc.usp.br

- **Introdução**
- **Instrumentos para Controle de Atitude**
- **Práticas Fundamentais**
- **Recuperação de Atitudes Não-Usuais**

- **Introdução**
- Instrumentos para Controle de Atitude
- Práticas Fundamentais
- Recuperação de Atitudes Não-Usuais

- No voo por instrumentos, a indicação de atitude é uma das mais importantes
- A indicação de atitude pode se dar por instrumentos analógicos ou digitais:
  - Analógicos: Indicação de medidas obtidas diretamente pelos instrumentos. Instrumentos mais baratos e ainda são os mais comuns
  - Digitais: medidas obtidas e processadas na forma de números. Estes números são convertidos em algum tipo de representação gráfica. Instrumentos mais precisos e com grande crescimento em seu uso

- Define-se voo por instrumentos aquele em que não é necessário contato visual com o horizonte para orientação
- Voos em condição visual (VFR – Visual Flight Rules) possuem restrições mais severas de distanciamento entre aeronaves, entre aeronave e o terreno e entre aeronave e nuvens, além de serem proibidos em altitudes acima de 14500 ft
- Por esse motivo, os voos por instrumento (IFR – Instrument Flight Rules) tornam-se ainda mais importantes

- Dessa forma, podem-se dividir os instrumentos em:
    - Instrumentos de Controle
    - Instrumentos de Desempenho
    - Instrumentos de Navegação
- Estudados nessa etapa do curso
- Estudados adiante

# Introdução



FONTE: FAA-H-8083-25B (2016)



- Introdução
- **Instrumentos para Controle de Atitude**
- Práticas Fundamentais
- Recuperação de Atitudes Não-Usuais



- Desempenho da aeronave é função de sua **atitude** e potência aplicada aos motores

↓  
Função da arfagem e rolamento

- Dessa forma, deve-se controlar estas três grandezas (potência, arfagem e rolamento) com base em suas consequências (observadas no desempenho da aeronave)
- O termo “potência” é utilizado no lugar de “relação entre tração e arrasto”, que seria um termo tecnicamente mais correto
- Como é impossível se medir tração ou arrasto durante o voo, os indicadores de motor podem ser pressão na câmara de combustão, tacômetros, “fuel flow”, etc.

- Instrumentos de Controle



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- Instrumentos de Desempenho



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- Instrumentos de Navegação
- Com o desempenho alcançado, utilizam-se os instrumentos de navegação para se voar no nível e proa corretos



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- **Controle da Aeronave Durante Voo por Instrumento**
- Em geral, os controles consistem em movimentos suaves em seu comando e verificar a reação da aeronave observando seus instrumentos de indicação

Atitude =

Arfagem

+

Rolamento



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)



- **Controle da Aeronave Durante Voo por Instrumento**
- Controle de potência se dá primeiramente pela observância de sua velocidade e/ou velocidade vertical, seguida de parâmetros secundários de motor
- Em geral, qualquer ajuste de motor exige posterior ajuste de atitude e trimagem



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- Controle de atitude envolve:
  - Controle de Arfagem
  - Controle de Rolamento
  - Controle de Potência
  - Trimagem



- **Controle de Arfagem**
- *Indicador de Atitude*
- Deve ser ajustado em solo, antes de iniciar a operação, alinhando-se o horizonte com a representação da aeronave
- Indicador de Atitude deve ser utilizado para pequenos e suaves ajustes

FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)



- Controle de Arfagem
- *Altímetro*
- Para se manter voo nivelado, a indicação do altímetro deve permanecer constante
- Se a aeronave mostrar tendência a perder altitude, o ângulo de arfagem deve ser levemente aumentado



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- **Controle de Arfagem**
- *Altímetro*
- Da mesma forma, se houver a tendência a ganhar altitude, a atitude deve ser diminuída
- De forma recíproca, o ajuste de arfagem também pode ser auxiliado pela leitura do altímetro



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- **Controle de Arfagem**
- *Indicador de Velocidade Vertical (VSI)*
- Em voo nivelado, sua indicação deve ser sempre zero
- Turbulência pode fazer o ponteiro flutuar em torno do zero, dispensando correção dos comandos
- Para se identificar uma turbulência de um real ajuste, utiliza-se um cross-check com o altímetro, que é menos sensível que o VSI

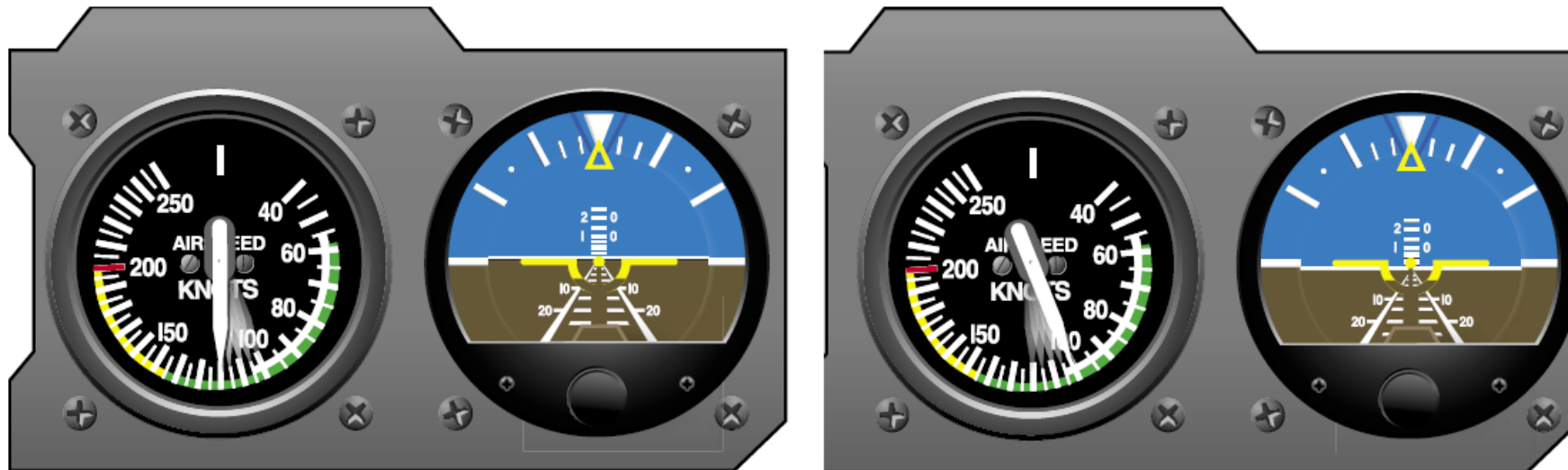
- Controle de Arfagem
- *Indicador de Velocidade Vertical (VSI)*
- O VSI utiliza ft/min como unidade, ou fpm
- Sua graduação deve ser multiplicada por 1000, em fpm



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- **Controle de Arfagem**
- *Indicador de Velocidade Vertical (VSI)*
- Correções bruscas podem ser críticas, pois podem ultrapassar a altitude desejada. Como guia, utiliza-se uma correção no VSI cujo módulo é o dobro da altitude que se deseja corrigir
- Exemplo: se a aeronave está nivelada a 100 ft abaixo na altitude que se deseja, aplica-se correção até se alcançar 200 fpm no VSI, sem, mexer nos controles de motor e trim

- **Controle de Arfagem**
- *Indicador de Velocidade*
- Fornece leitura indireta da atitude em arfagem. Em altitude e potência constantes, a arfagem varia com a velocidade



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)



- Controle de Rolamento



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- Controle de Rolamento
- *Indicador de Atitude*
- Fornece indicação direta de ângulo de rolamento



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- **Controle de Rolamento**
- *Indicador de Proa / Bússola Magnética*
- São considerados instrumentos primários de indicação de rolamento, já que, quando a aeronave está sujeita a um rolamento, sua guinada adversa causa imediata mudança de proa



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- **Controle de Rolamento**
- *Coordenador de Curva / Indicador de Curva e Derrapagem*
- Fornecem indicação direta de rolamento. Além disso, caso a aeronave esteja com deflexão de leme inversa ao rolamento (anulando uma tendência a mudar de proa), estes instrumentos indicarão derrapagem



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- **Controle de Potência**
- Controle mais crítico da aeronave, pois pode resultar em movimento em qualquer eixo. Toda mudança de potência requer cross-check e eventual correção nos comandos de voo



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)



- Controle de Potência
- *Indicador de Velocidade*
- Aumento na potência do motor possui reação imediata de aumento na velocidade



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)



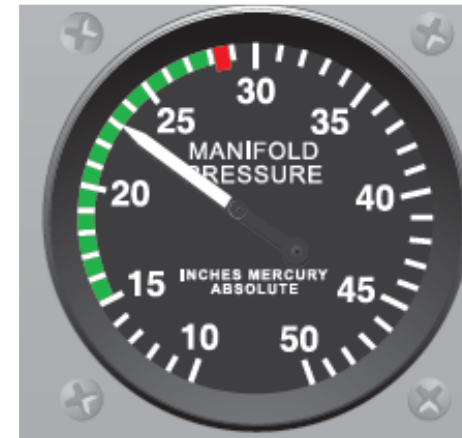
- Controle de Potência
- *Indicador de Velocidade*
- Diminuição na potência do motor requer ajuste na trimagem para que a aeronave mantenha voo nivelado



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)



- **Controle de Potência**
- *Indicadores de Motor*
- Como a indicação de tração é impossível, alguns indicadores indiretos podem ajudar na leitura da condição de potência da aeronave
- Para aeronaves com motor à combustão, parâmetros como pressão na câmara de combustão (manifold) ou rotação da hélice são eficientes



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- Controle de Potência
- *Indicadores de Motor*
- Para motores a jato, Indicações como ITT (Interturbine Temperature) ou N1 (rotação do fan, em %) são bons parâmetros



FONTE: farem.com

- Controle de Trimagem
- Controle fundamental para voo suave e preciso



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- **Controle de Trimagem**
- A trimagem deve ser feita com a aeronave já na condição desejada
- A atuação do trim requer certa prática do tripulante
- O trim deve ser utilizado quando a aeronave vai manter uma mesma condição por um longo tempo
- A aeronave está corretamente trimada quando ela mantém a condição desejada sem a aplicação de força em nenhum comando

- **Controle de Trimagem**
- Roteiro para correta trimagem da aeronave:
  1. Regular a potência dos motores;
  2. Aplicar comandos para manter a aeronave na condição desejada;
  3. Aplicar trim de profundor para aliviar/zerar a força aplicada no comando;
  4. Verificar se há derrapagem;
  5. Caso haja, verificar se a potência dos motores está balanceada;
  6. Em caso afirmativo, aplicar trim de leme para manter voo reto e nivelado;
  7. Caso a aeronave não esteja com rolamento diferente de zero, deve ser aplicado o trim de aileron para corrigir esta condição;
  8. Repetir o roteiro se necessário.

- Introdução
- Instrumentos para Controle de Atitude
- **Práticas Fundamentais**
- Recuperação de Atitudes Não-Usuais

- **Cross-check**
- Observação lógica e contínua dos instrumentos
- A observação de dois ou mais instrumentos que dão informações redundantes de atitude é chamado cross-checking
- Deve-se observar se todos os instrumentos estão fornecendo informações coerentes
- Não existe método específico, mas algumas práticas são recomendadas



- Cross-check
- *Cross-check Radial*



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- Cross-check
- *Cross-check V Invertido*



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)



- Cross-check
- *Cross-check Retangular*

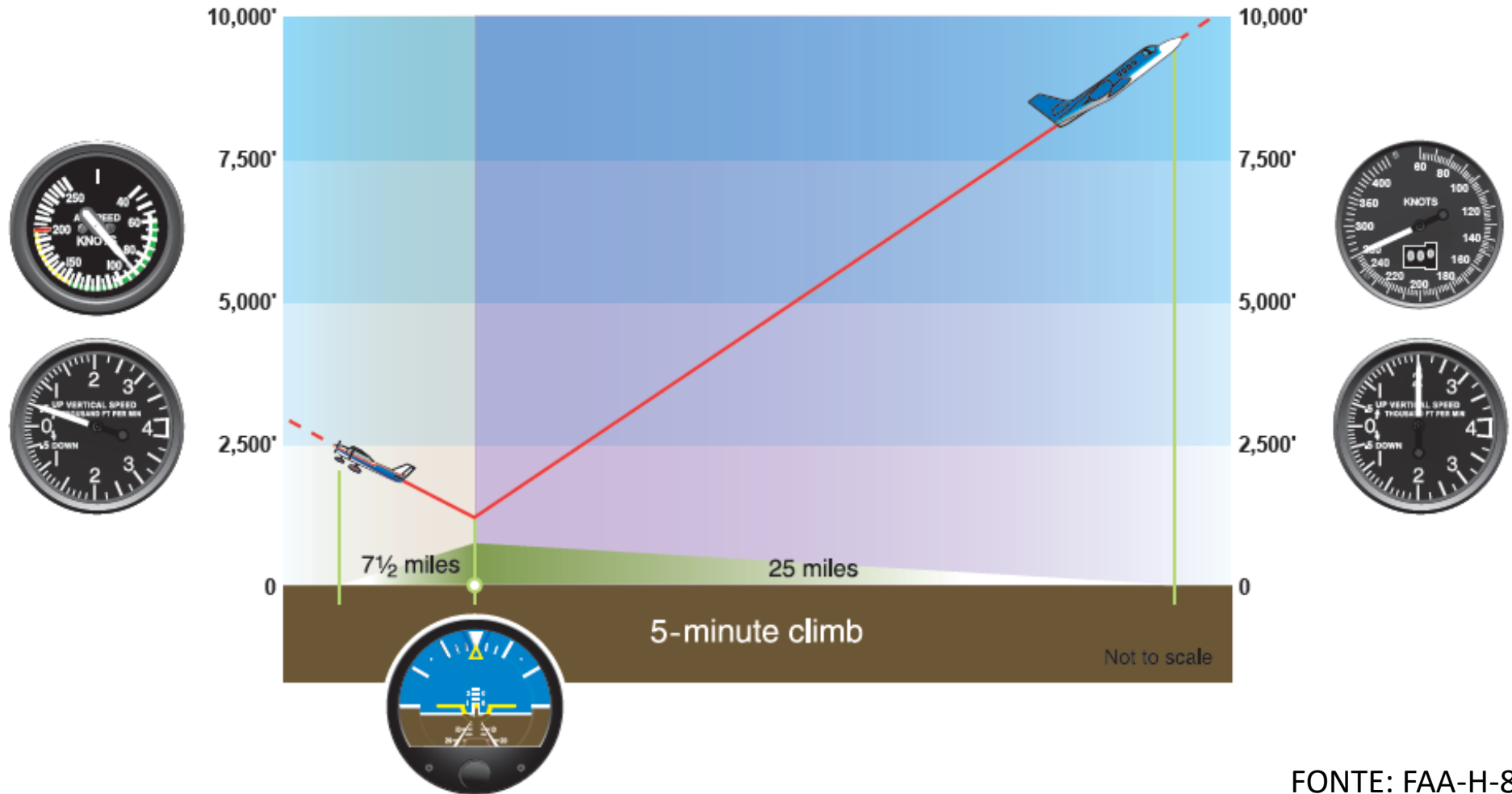


FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- **Cross-check**
- *Erros comuns*
- Observação rápida/sem interpretação dos instrumentos
- Manter-se fixo e tentar corrigir um único parâmetro (altitude, por exemplo), esquecendo-se dos demais
- Realizar cross-check durante uma mudança de atitude (curva, por exemplo)

- **Interpretação de Instrumentos**
- Requer estudo de cada instrumento e da aeronave que se está voando
- Aeronaves com desempenhos muito diferentes podem representar situações bastante diversas em uma mesma indicação de atitude

- Interpretação de Instrumentos



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- Introdução
- Instrumentos para Controle de Atitude
- Práticas Fundamentais
- **Recuperação de Atitudes Não-Usuais**



- Atitudes Não usuais em voo podem surgir de:
  - Turbulência
  - Desorientação
  - Falhas em instrumentos
  - Confusão
  - Preocupação com outras tarefas relacionadas ao voo
  - Cross-check falho
  - Erro na interpretação de instrumentos
  - Falta de habilidade/prática
- O reconhecimento de situações em atitude não-usual requer, na quase totalidade das vezes, o uso de instrumentos de voo
- Dividem-se atitudes não usuais em dois tipos: nose-up e nose-down

- Atitudes Nose-up - reconhecimento



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- **Atitudes Nose-up**
- Em atitudes deste tipo, o maior risco é a perda de velocidade, podendo levar ao stall
- Reconhecida uma atitude deste tipo, o procedimento de recuperação deve ser:
  - Abaixar o nariz/aumentar a potência de motor até que a velocidade volte a aumentar
  - Manter altitude de segurança
  - Corrigir o rolamento para o limite de  $\pm 5$  graus
  - Corrigir derrapagem
  - Cross-check

- Atitudes Nose-down - reconhecimento



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- **Atitudes Nose-down**
- Em atitudes deste tipo, o maior risco é a perda de altitude e ultrapassar a velocidade limite
- Reconhecida uma atitude deste tipo, o procedimento de recuperação deve ser:
  - subir o nariz para ganho de altitude
  - Verificar necessidade de se aumentar a potência de motor
  - Manter altitude de segurança
  - Corrigir o rolamento para o limite de  $\pm 5$  graus
  - Corrigir derrapagem
  - Cross-check