

Monitoria de Aeronaves

Aula 1

Prof. Dr. Fernando Martini Catalano
Gabriel Setim Porto Alegre
Rodrigo Marin Torres

Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Engenharia Aeronáutica
Universidade de São Paulo

5 de março de 2020

Recados Gerais

Parabéns!

JORNAL DA USP

Institucional

- 18/02/2020

USP é a 14ª melhor universidade em ranking de países emergentes

As universidades chinesas dominaram o ranking, com sete instituições entre as dez melhores



USP se mantém como a 2ª universidade mais prestigiada da América Latina

Institucional

- 28/01/2020

USP é a universidade brasileira mais internacional do mundo

A Universidade foi classificada na 153ª posição segundo a consultoria britânica Times Higher Education (THE)



USP é a melhor da América Latina em ranking mundial de empregabilidade

Ranking foi elaborado a partir de uma pesquisa respondida pela internet por 2.500 responsáveis pela contratação de funcionários em empresas de 22 países

De São Carlos para o Mundo!



Recados Gerais

Aulas de monitoria: **Quintas-feiras às 19h**

Sala: **Bloco C - 01**

Contato: marin.rodrico@hotmail.com

Nota: Prova + Atividades

Referências:

- Apostila de Aeronaves - Fundamentos de Aeronáutica
- Aircraft Design - Daniel Raymer
- Synthesis of Subsonic Airplane Design - Torenbeek
- Introduction to Aeronautical Engineering, TU Delft,
(<https://ocw.tudelft.nl/courses/introduction-aeronautical-engineering/>)



Figura: Raymer

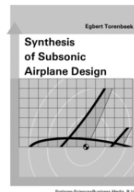


Figura: Torenbeek

Dados da Indústria Aeronáutica

A Aviação em Números

Aviação Comercial (2019):

- Impacto de USD 2.4 Tri na economia global
- USD 90 Bi em manutenção (MRO)
- Frota de mais de 25 mil aeronaves
- 58 Milhões de empregos
- 39 Milhões de voos por ano
- 4.3 Bilhões de passageiros transportados
- Previsão de 40 mil aeronaves para os próximos 20 anos



Figura: Família de aeronaves da Airbus



Figura: ATR-42

A Aviação em Números

Aviação Geral (2019):

- Movimenta USD 220 Bi apenas nos EUA
- Venda de aeronaves corresponde a USD 20 Bi
- Frota de mais de 400 mil aeronaves
- Frota de mais de 30 mil helicópteros
- Frota de mais de 20 mil aeronaves executivas
- Cerca de 50% desse mercado está nos EUA



Figura: Aeronave Gulfstream G650



Figura: Helicóptero Robinson R44

A Aviação em Números

Aviação Militar (2019):

- Frota de mais de 40 mil aeronaves
- USD 80 Bi em MRO
- 8900 Caças
- 9000 Aeronaves treinadoras e/ou de ataque leve
- Previsão de mais 10 mil na próxima década



Figura: Aeronave Multimissão KC-390



Figura: Caça F22

A Aviação em Números

Mercado de Drones (2019):

- Movimenta USD 37 Bi
- Segmento militar corresponde a USD 12 Bi
- Diversas aplicações
- Setor com maior previsão de crescimento ($\approx 20\%$ /ano)



Figura: Aeronave Arator-5B



Figura: Aeronave Militar MQ-9 Reaper



Figura: Drone Recreativo DJI Mavic Pro

Até agora tudo bem... mas e o que vem por aí?

Futuro:

- Expectativa de crescimento em todos os segmentos
- Aeronaves elétricas
- Aeronaves autônomas
- Carros Voadores?
- Supersônicos?
- *Design* não convencional?



Figura: Aeronave executiva supersônica Aerion



Figura: Aeronave da Lilium

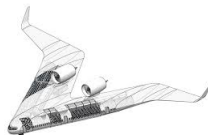
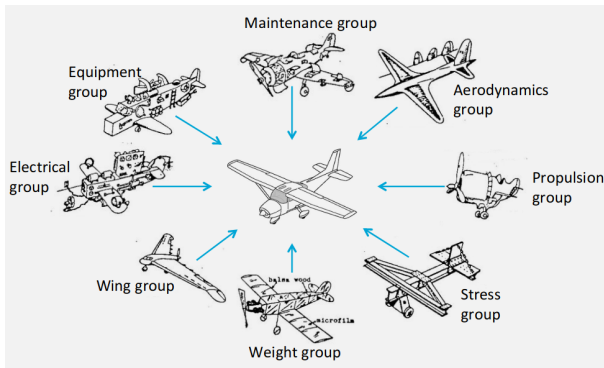


Figura: Aeronave Conceito Flying-V - TU Delft

Engenharia Aeronáutica

Por que a aeronáutica é tão fascinante? E difícil?

Extremamente Multi-disciplinar!



Segredo do sucesso: Todas as áreas igualmente infelizes!



Figura: Interiores



Figura: Produção/Manufatura



Figura: Sensores/Armamentos

Exemplo: Alongamento da Asa

Aerodinâmica:



Aeroelasticidade:



Operações:

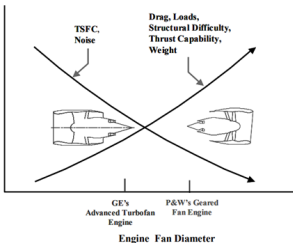


Compromisso:



Exemplo: Escolha do GMP

Influência do diâmetro do motor:



Aerodinâmica:



Compromisso:



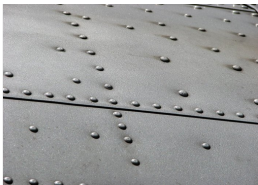
E190-E1



E190-E2

Exemplo: Rebites

Produção/Manufatura



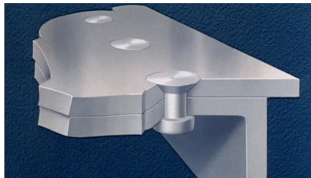
Aerodinâmica/Desempenho



Manutenção/Estruturas



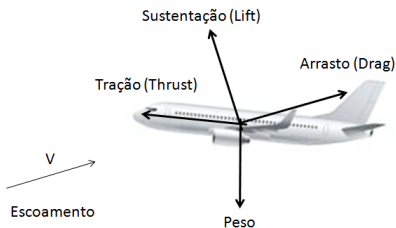
Compromisso:



Conceitos Fundamentais

Forças Fundamentais

As principais forças atuantes na aeronave:



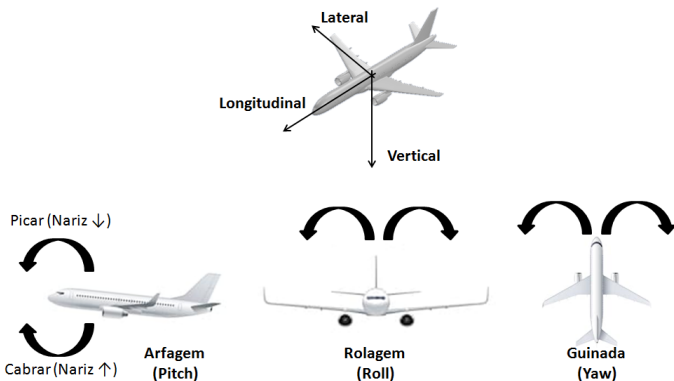
Sustentação: Componente de força perpendicular ao escoamento.

Arrasto: Componente de força paralela ao escoamento.

Tração: Componente de força paralela ao eixo do motor.

Eixos Principais

Eixos principais da aeronave:



Velocidade Relativa

O que importa é a velocidade em relação ao vento!



Wind Speed: Velocidade do vento em relação ao solo.

Airspeed: Velocidade da aeronave em relação ao escoamento.

Ground Speed: Velocidade da aeronave em relação ao solo
(Ground Speed = Airspeed + Wind Speed).

Definições de Pesos

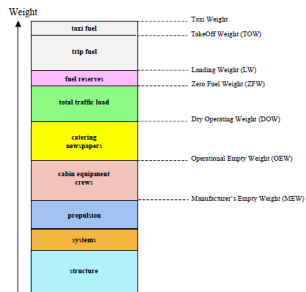
Principais definições de pesos utilizadas:

MTOW: Maximum Takeoff Weight (Máximo Peso de Decolagem)

TOW: Takeoff Weight (Peso de Decolagem)

OEW/MEW/DOW: Empty Weight (Peso vazio, aeronave sem carga paga)

Carga Paga: Passageiros, Combustível, Carga ...



Componentes Principais

Avião: Aeronave de asa fixa mais pesada que o ar.



Asa, Fuselagem, Trem de Pouso, GMP, Empenagem ...

Mas por que são tão diferentes?!



Figura: Planador SZD 55



Figura: Caça Sukhoi S-57



Figura: Avião Agrícola Ipanema



Figura: Fokker Dr.I (Barão Vermelho)



Figura: Cargueiro Antonov AN-225



Figura: Bombardeiro B-2 Spirit

Asa, Fuselagem, Trem de Pouso, GMP, Empenagem ...

Por que existem aeronaves tão diferentes? Missões Diferentes!

Funções e Objetivos Distintos:

- Demandas de Mercado Diferentes
- Traduzidos em Requisitos Diferentes (Alcance, Carga Paga, Velocidade etc)

Restrições Diferentes:

- Diferentes Restrições Orçamentárias e de Mão-de-Obra
- Restrições de Materiais e de Manufatura
- Requisitos de Certificação Diferentes

Asa

A asa é a responsável por fornecer sustentação à aeronave. Geralmente abriga combustível, trem de pouso e pode alocar o grupo moto-propulsor. A asa possui muitas superfícies móveis, entre elas:

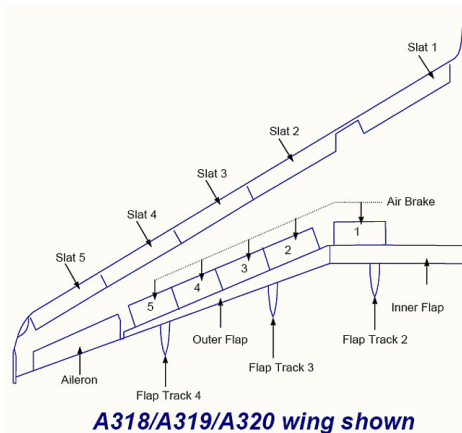


Figura: Flaps e Slats estendidos - B747



Figura: Spoilers abertos em solo

Asa - Sistemas

A Asa pode possuir muitos sistemas, como o sistema elétrico, hidráulico, pneumático, de combustível e ambientais.

□ Primary Flight Controls:

- Elevators – (1)
- All-moving tail surfaces (military)
- Rudders – (2)
- Ailerons – (3)
- Flaperons – (4)
- Canards

□ Secondary Flight Controls

- Flaps – (5)
- Slats – (7)
- Spoilers – (8)
- Airbrakes – (9)
- Stabilizer trim – (10)

□ Utilities

- Landing gear
- Brakes
- Gear steering
- Aerial refueling probes (military)
- Cargo doors
- Loading ramp (military)
- Passenger stairs

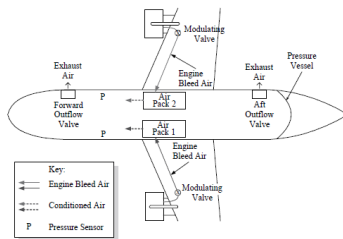
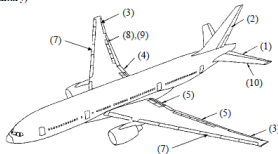


Figura: Sistema de pressurização

Figura: Exemplo dos sistemas de controle

Asa - Sistemas

A Asa pode possuir muitos sistemas, como o sistema elétrico, hidráulico, pneumático, de combustível e ambientais.

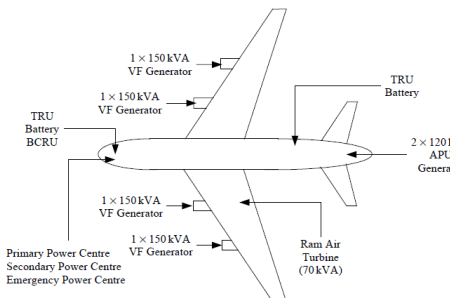


Figura: Exemplo de sistema elétrico

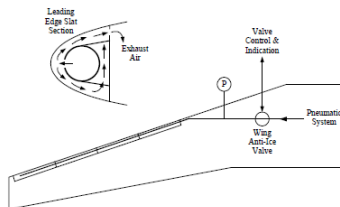


Figura: Exemplo de sistema anti-gelo nas asas

Asa - Sistemas

A Asa pode possuir muitos sistemas, como o sistema elétrico, hidráulico, pneumático, de combustível e ambientais.

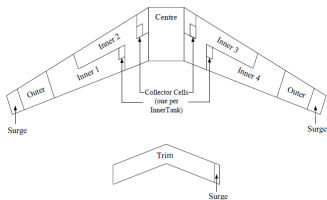


Figura: Sistema de combustível



Figura: Exemplo de abastecimento em voo.

Fuselagem

A fuselagem é responsável por unir a aeronave e alojar passageiros, carga e sistemas:



Figura: Lockheed Martin C-5



Figura: Northrop Grumman Global Hawk



Figura: Gulfstream G700

Fuselagem

O projeto da fuselagem está muito relacionado ao espaço interno, conforto dos passageiros e alocação de carga/sistemas.

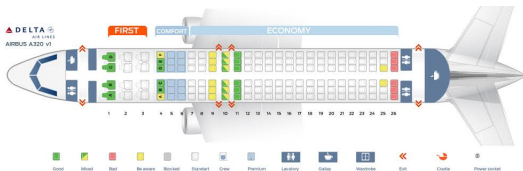


Figura: Mapa de Assentos - A320

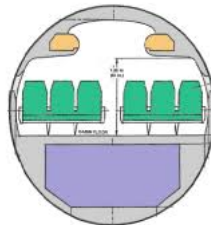


Figura: Seção da Cabine - A320.

Fuselagem

O projeto da fuselagem está muito relacionado ao espaço interno, conforto dos passageiros e alocação de carga/sistemas. **E outros requisitos.**



Figura: KC-390 Lançamento de Paraquedistas



Figura: Operação em Porta-Aviões - F18.

Trem de Pouso

O trem de pouso é o responsável pela manobrabilidade da aeronave em solo, taxiamento, decolagens e pouso.



Figura: Antonov An225



Figura: Planador



Figura: Spitfire

Trem de Pouso

O trem de pouso é o responsável pela manobrabilidade da aeronave em solo, além das decolagens e pouso. **Nem sempre em terra firme.**



Figura: Hidroavião



Figura: C130 equipado com Skis.

Grupo Moto Propulsor

A principal função do grupo moto propulsor é fornecer potência à aeronave.



Figura: C130 Equipado com Foguetes



Figura: Osprey V22



Figura: Aeronave Solar Helios

Grupo Moto Propulsor

Existem diversas formas de fornecer tração ou empuxo para a aeronave. Mas o princípio é o da quantidade de movimento.



Figura: Concorde - Motores Turbojato



Figura: Piaggio - Motores Turbohélices.

Grupo Moto Propulsor

Existem diversas formas de fornecer tração ou empuxo para a aeronave. Mas o princípio é o da quantidade de movimento.



Figura: Cessna 172 - Motor a pistão.



Figura: A350 - Motores Turbofan.

Grupo Moto Propulsor

Existem diversas formas de fornecer tração ou empuxo para a aeronave. Mas o princípio é o da quantidade de movimento.



Figura: Veículo Lançador de Satélites - Foguete



Figura: Drone Pulverizador - Motores Elétricos.

Atividades

Atividades

Escolher duas aeronaves de categorias distintas (transporte, geral, militar, UAV) e pegar dados como:

- 1 Peso
- 2 Área de Asa
- 3 Potência
- 4 Autonomia/Alcance
- 5 Número de passageiros
- 6 Tipo de motor
- 7 ...

DICAS:

Internet: Wikipédia (em inglês) geralmente contém vários dados compilados por aeronave.

Livro: Jane's All World Aircraft

Revisão

Revisão

Na aula de hoje....

- Status e previsões da indústria aeronáutica mundial
- Conceitos fundamentais essenciais
- Existem muitas aeronaves diferentes pelo mundo
- Requisitos são muito importantes!
- Na engenharia, as coisas são do jeito que são por um motivo!

Dúvidas?
Obrigado!

Bônus

Vídeos legais....

- **Linha de montagem de uma aeronave executiva:**
<https://www.youtube.com/watch?v=9gE-t8yqfqw>
- **Você tem enjoo em voo?**
<https://www.youtube.com/watch?v=m00FmzRW96o>
- **Airspeed x Groundspeed:**
<https://www.youtube.com/watch?v=zyJQnpd0jQc>
- **Helicóptero ou Avião??**
<https://www.youtube.com/watch?v=97E9BGHxWWc&t=152s>
- **Porta Aviões:**
<https://www.youtube.com/watch?v=wTZbY06U0qk&t=2s>