

UNIVERSIDADE  
BEIRA INTERIOR

# Configuração e Desenho

## Projeto de Aeronaves (15096)

Licenciatura em Engenharia Aeronáutica

2024

Pedro V. Gamboa

Departamento de Ciências Aeroespaciais

Faculdade de Engenharia



# 1. Introdução

- É necessário desenvolver um desenho inicial credível no projeto conceptual da aeronave
- O desenho é influenciado por conceitos de aerodinâmica, continuidade de formas, estruturas, produção, integração dos sistemas, etc.
- Toda a análise desenvolvida pelo projetista em torno da configuração tem como objetivo influenciar o desenho da aeronave
- No final apenas os desenhos são importantes para a fabricação da aeronave



## 2. Configuração

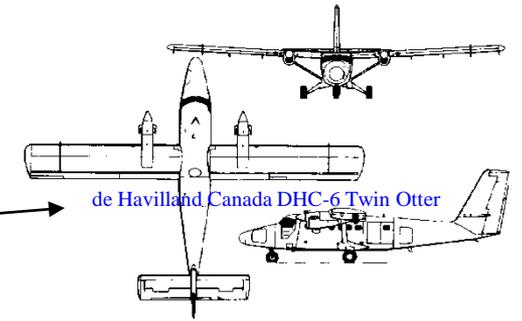
- Que configuração escolher?
- Que vantagens e desvantagens se obtêm das várias opções possíveis?



## 2. Configuração

# Forma em planta da asa

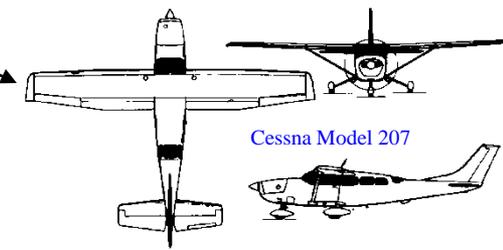
- asa retangular
- asa afilada ou trapezoidal
- asa composta: retangular e afilada
- asa elíptica
- asa delta
- asa em duplo delta
- asa com duplo afilamento



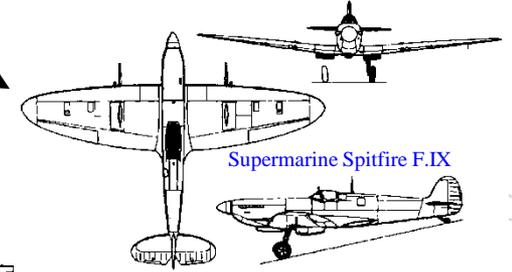
de Havilland Canada DHC-6 Twin Otter



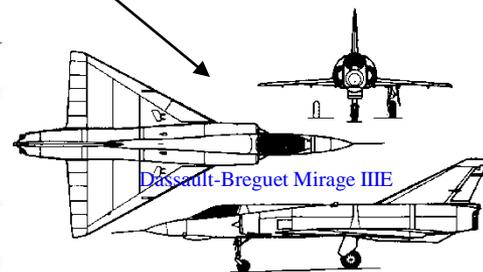
British Aerospace BAe Bulldog T.Mk 1



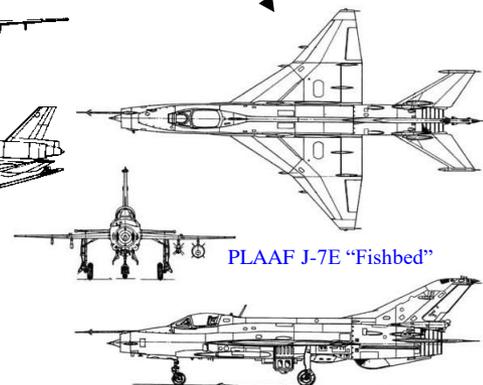
Cessna Model 207



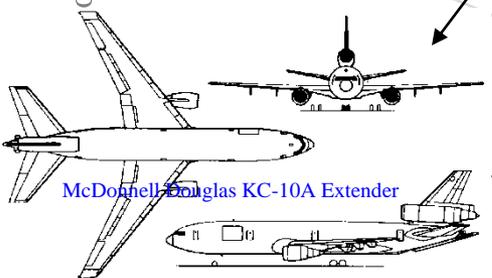
Supermarine Spitfire F.IX



Dassault-Breguet Mirage III



PLAAF J-7E "Fishbed"



McDonnell Douglas KC-10A Extender

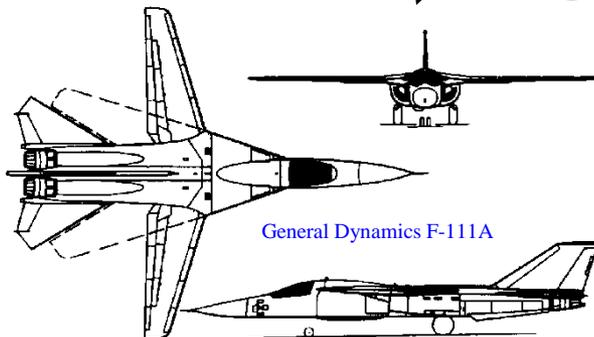
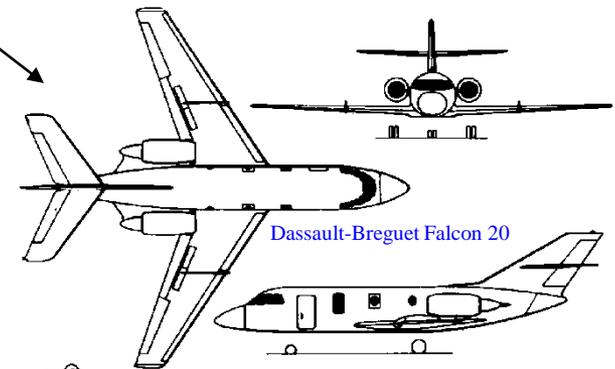
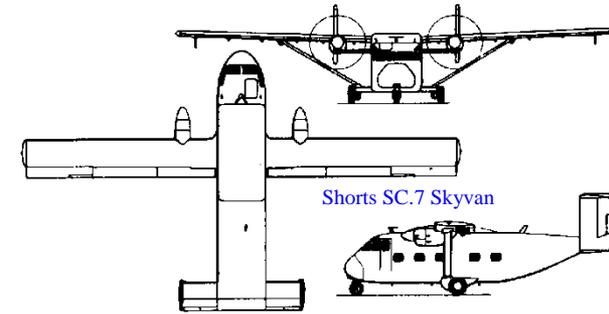
Configuração e Desenho



## 2. Configuração

# Enflechamento da asa

- enflechamento nulo
- enflechamento positivo
- enflechamento negativo
- geometria variável

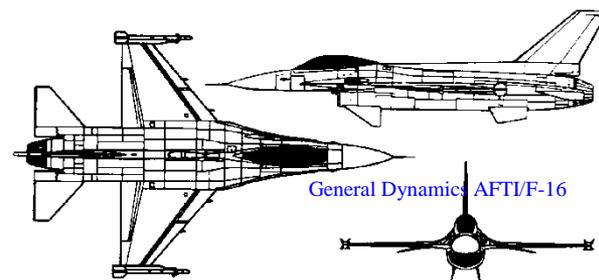




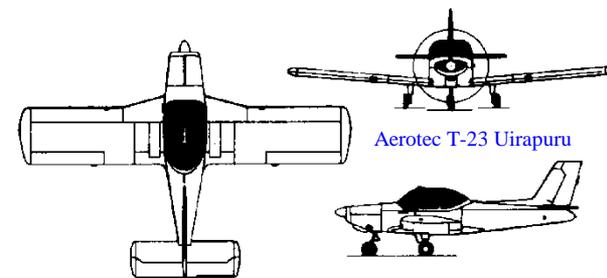
## 2. Configuração

# Diedro da asa

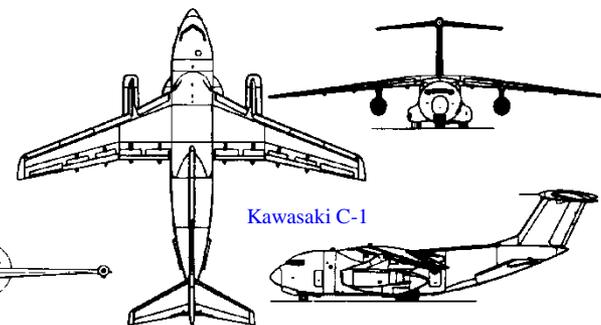
- diedro nulo
- diedro positivo
- diedro negativo
- diedro em “gaivota”
- diedro em “gaivota” invertida



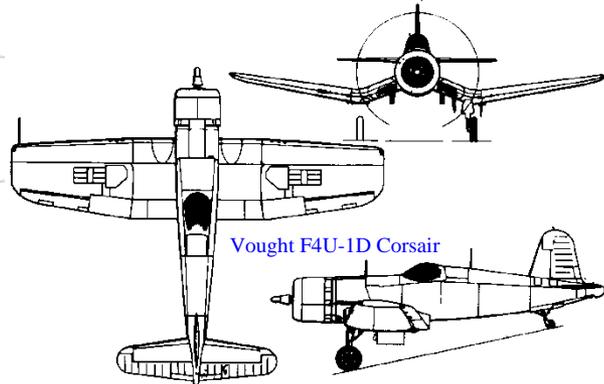
General Dynamics AFTI/F-16



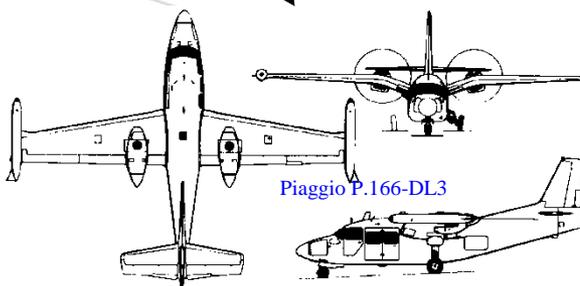
Aerotec T-23 Uirapuru



Kawasaki C-1



Vought F4U-1D Corsair



Piaggio P.166-DL3



## 2. Configuração

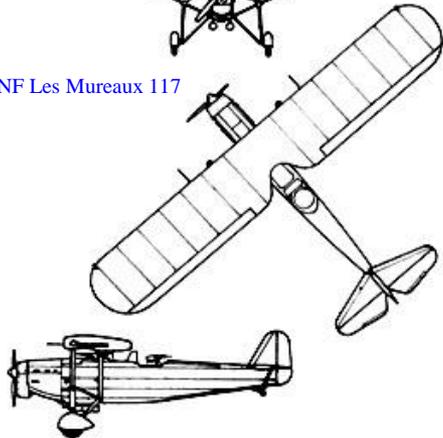
# Posição da asa

- asa baixa
- asa média
- asa alta
- asa em parassol

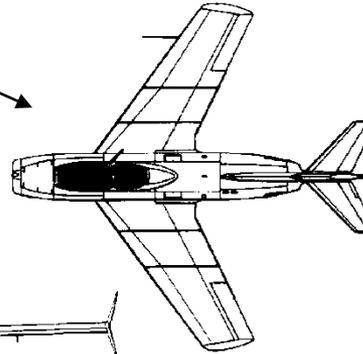
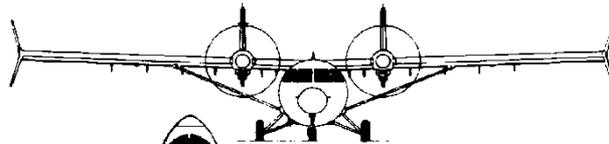
Configuração e Desenho



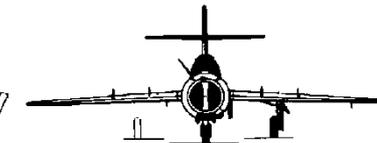
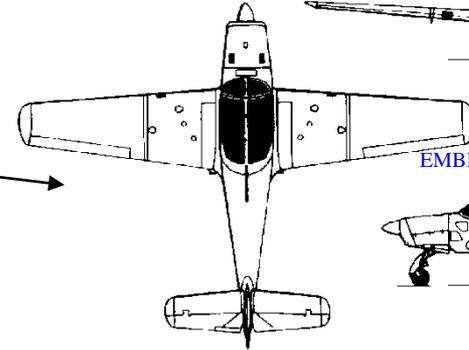
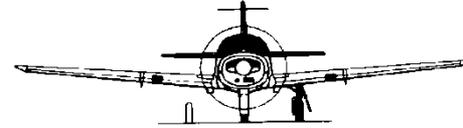
ANF Les Mureaux 117



IAI Arava



EMBRAER T-25 Universal



Mikoyan-Gurevich MiG-15UTI

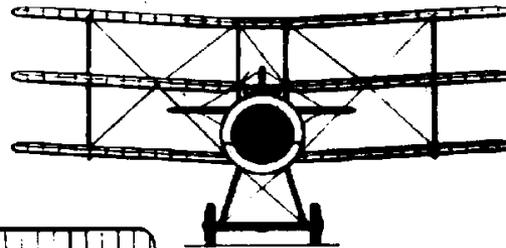
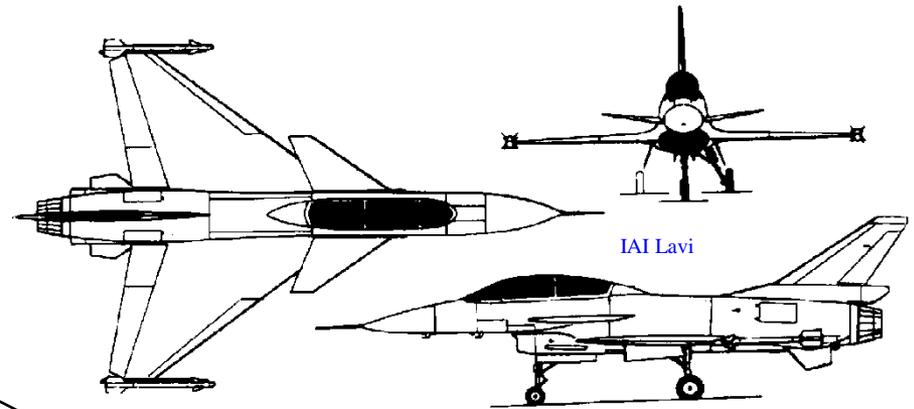




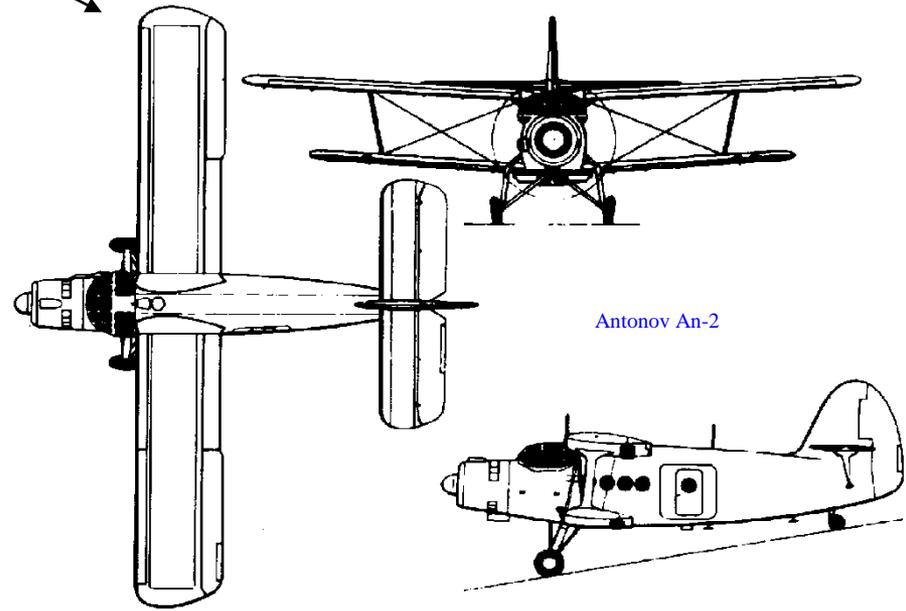
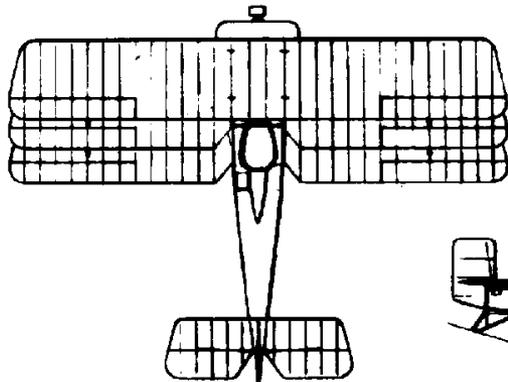
## 2. Configuração

# Número de planos de asa

- monoplano
- biplano
- triplano
- multiplano



Sopwith Triplane



Antonov An-2

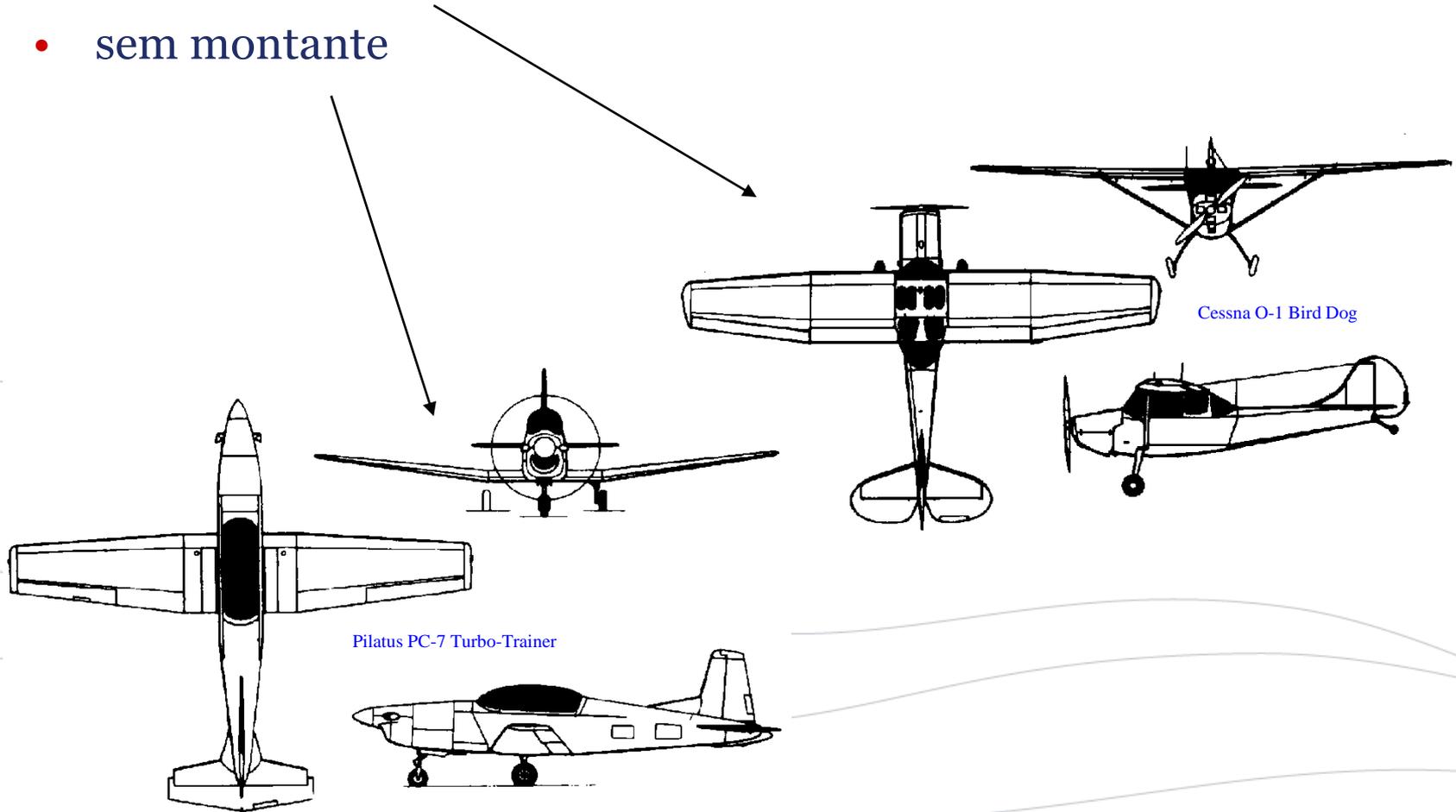


## 2. Configuração

# Fixação da asa

- com montante
- sem montante

Configuração e Desenho



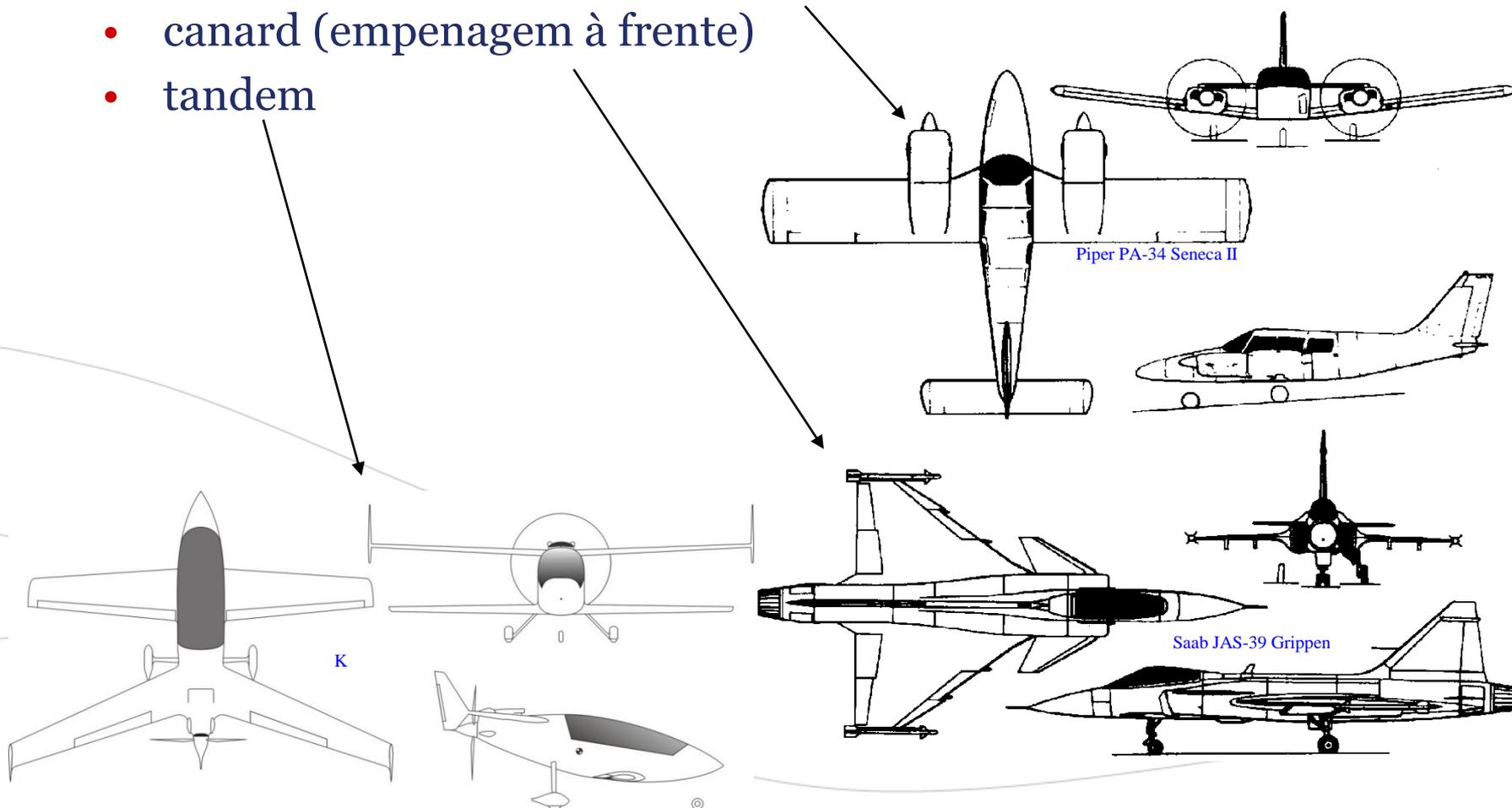


## 2. Configuração

# Posição da empenagem horizontal

- convencional (empenagem atrás)
- canard (empenagem à frente)
- tandem

Configuração e Desenho



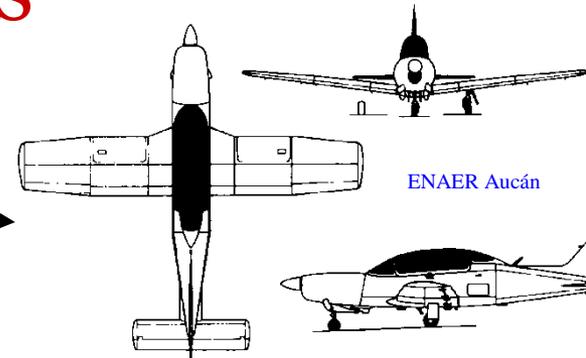


## 2. Configuração

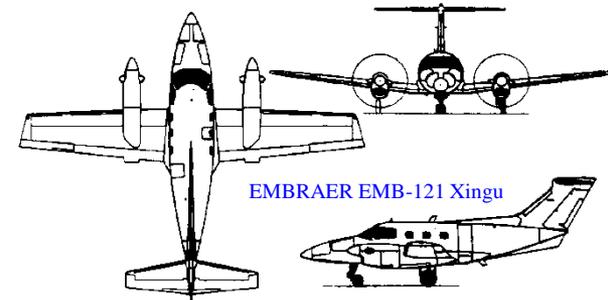
# Tipo de empenagens

- convencional
- em “T”
- em cruz
- em “V”
- em “V” invertido
- em “Y”

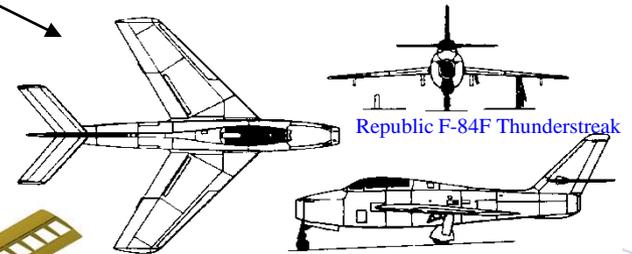
Configuração e Desenho



ENAER Aucán



EMBRAER EMB-121 Xingu



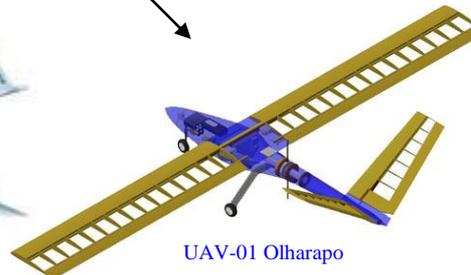
Republic F-84F Thunderstreak



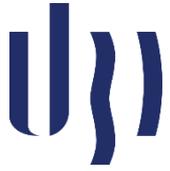
UAV-02 SkyGuardian



Aerosonde



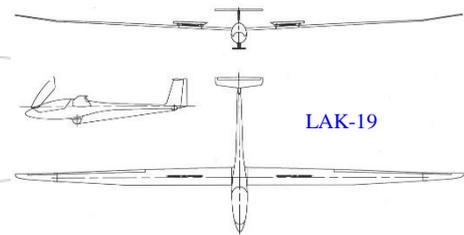
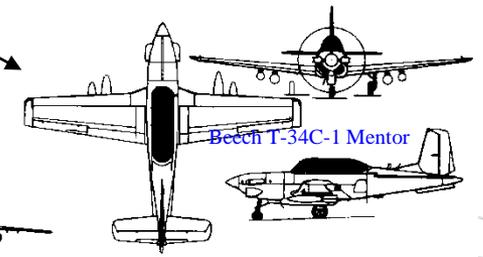
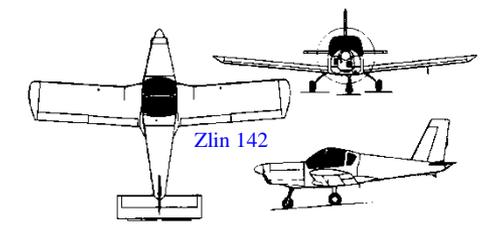
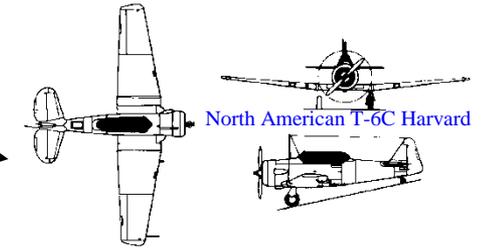
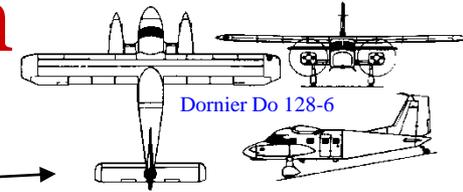
UAV-01 Olharapo



## 2. Configuração

# Tipo de trem de aterragem

- trem de cauda fixo
- trem de cauda retrátil
- triciclo fixo
- triciclo retrátil
- trem múltiplo
- tandem
- mono-roda



Configuração e Desenho

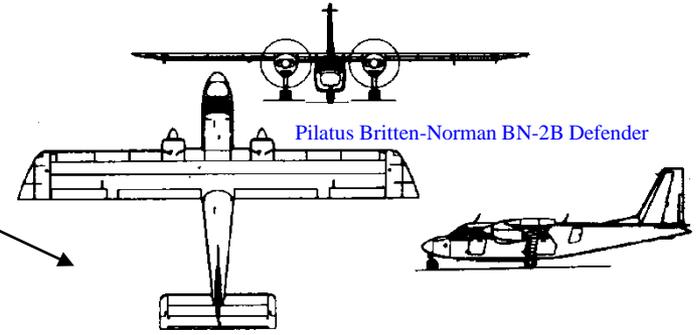


## 2. Configuração

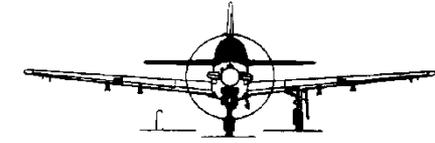
# Sistema de propulsão

- motor de combustão interna
- motor turbo-hélice
- motor de reação
- planador

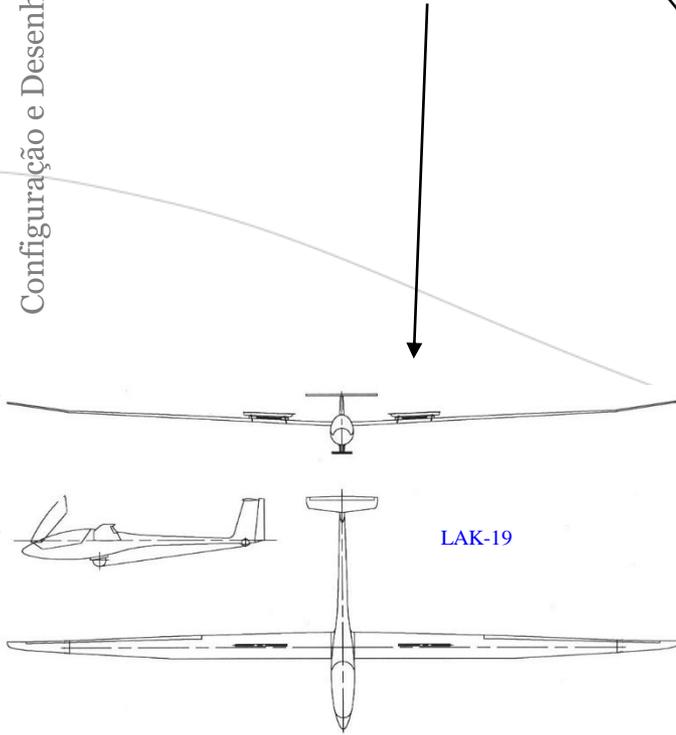
Configuração e Desenho



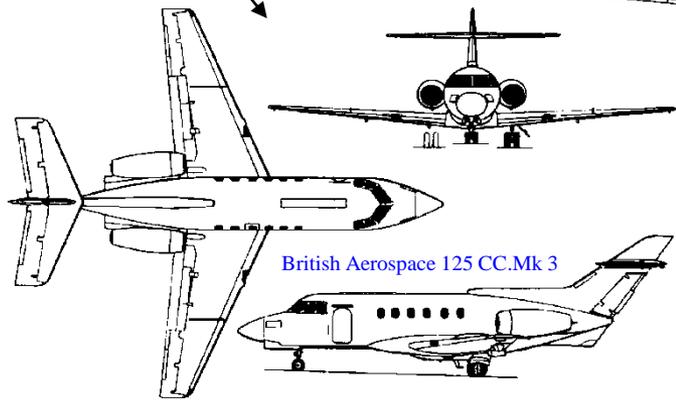
Pilatus Britten-Norman BN-2B Defender



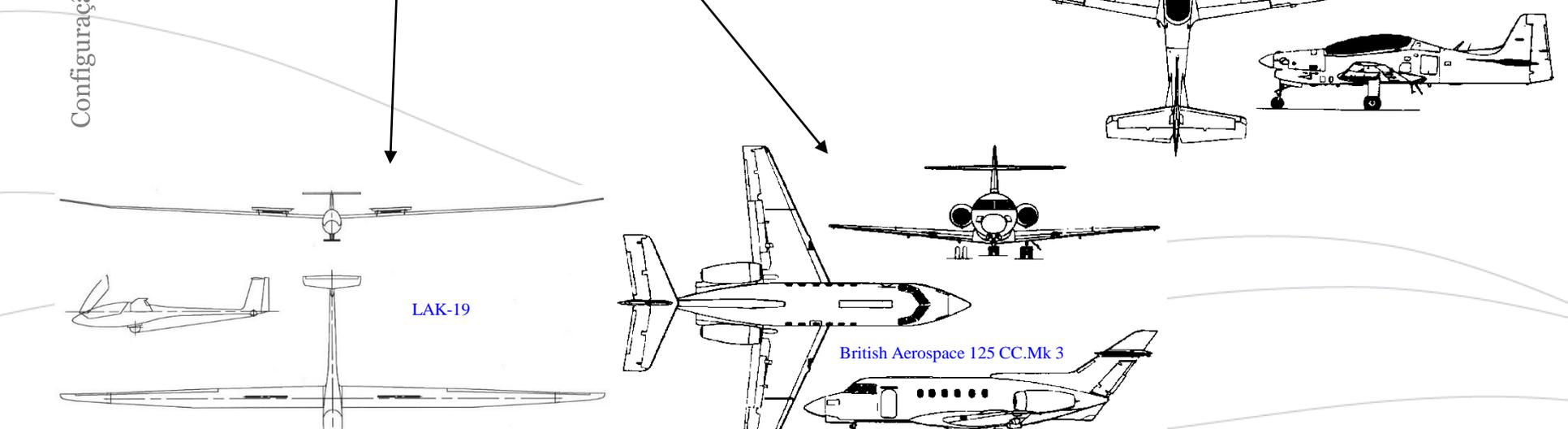
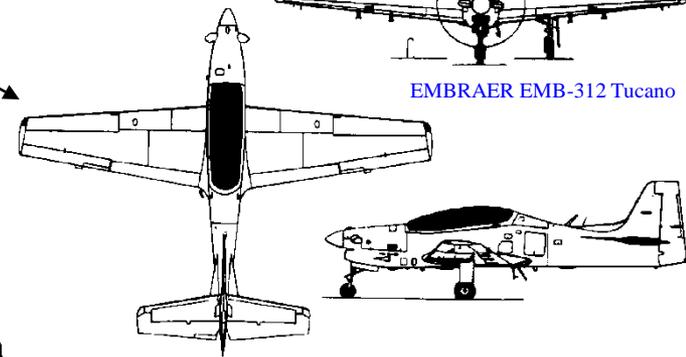
EMBRAER EMB-312 Tucano

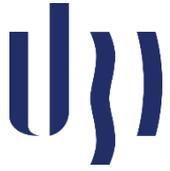


LAK-19



British Aerospace 125 CC.Mk 3



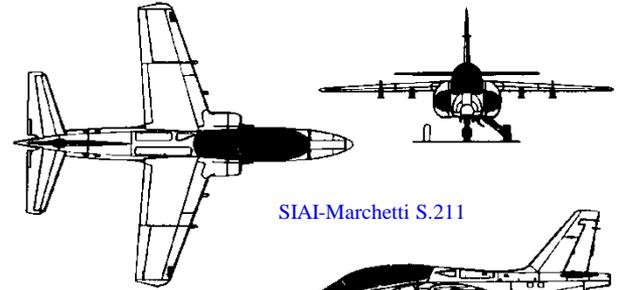


## 2. Configuração

# Número de motores

- monomotor
- bimotor
- trimotor
- quadrimotor
- multi-motor

Configuração e Desenho



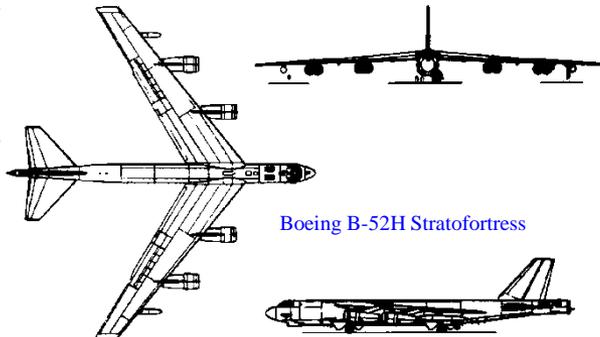
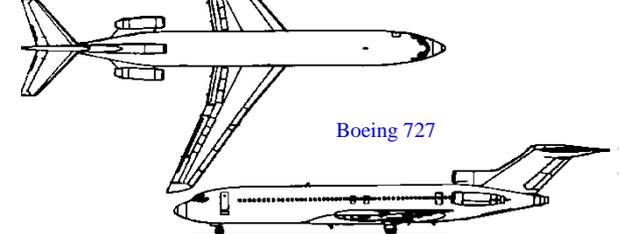
SIAI-Marchetti S.211



McDonnell Douglas C-9B Skytrain II



Boeing 727



Boeing B-52H Stratofortress



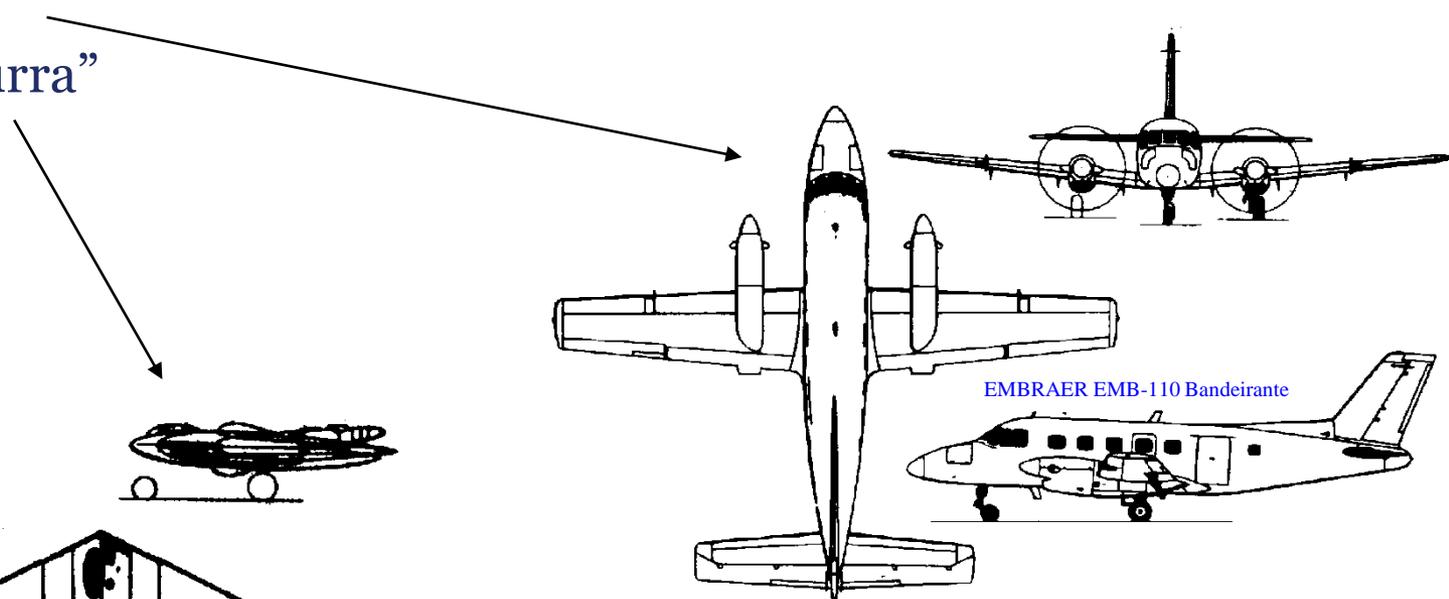
Boeing KC-135A Stratotanker



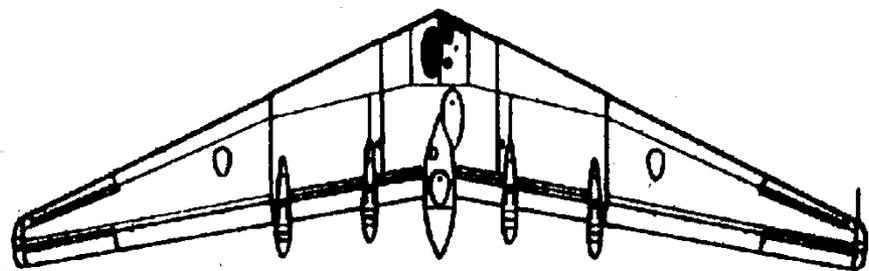
## 2. Configuração

# Efeito da propulsão

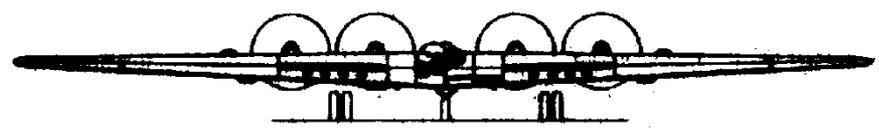
- “puxa”
- “empurra”

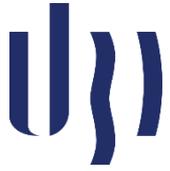


Configuração e Desenho



Northrop YB-49

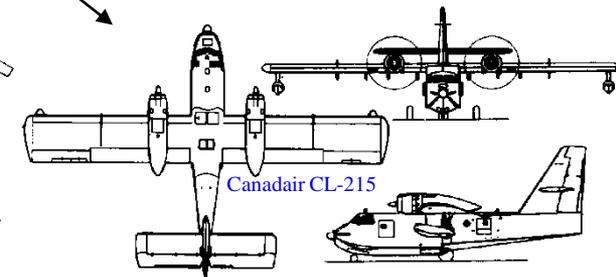
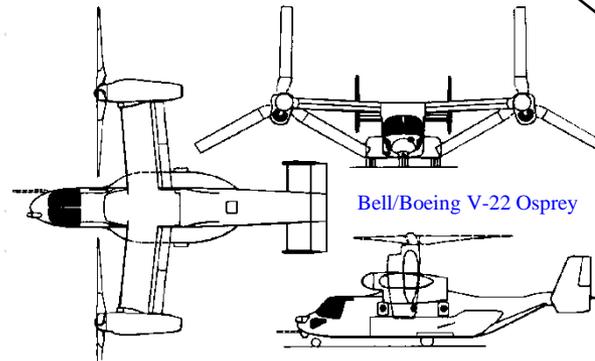
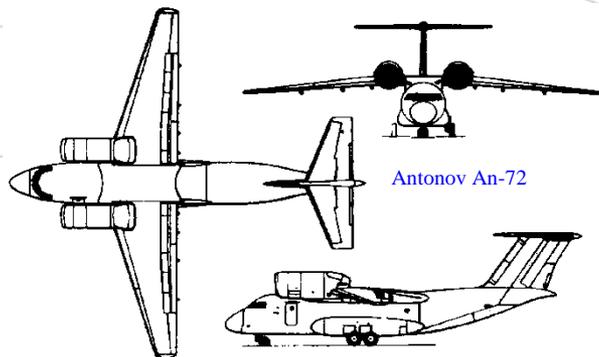
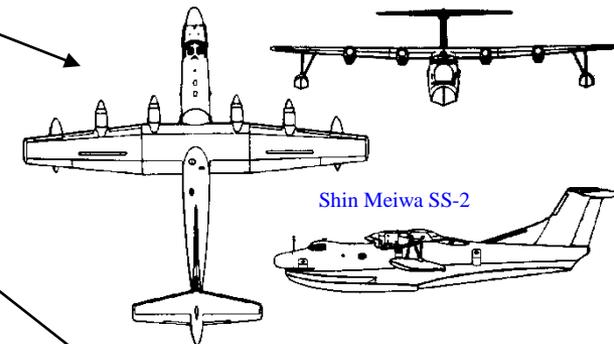
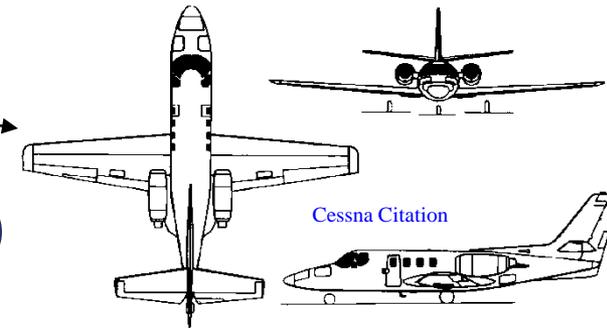




## 2. Configuração

# Tipo de descolagem e aterragem

- terrestre
- hidroavião
- anfíbio: terrestre e aquático
- descolagem e aterragem verticais (VTOL)
- descolagem e aterragem curtas (STOL)





## 3. Configurações novas

- Os projetistas têm constantemente procurado configurações mais eficientes
- Isto resultou no estudo de muitos conceitos não convencionais
- Apesar das configurações pouco comuns ainda não terem ultrapassado as convencionais, elas foram estudadas, uma vez que cada uma tem potenciais vantagens operacionais e tecnológicas
- Até ao presente, o risco comercial envolvido no desenvolvimento de algumas novas configurações é considerado inaceitável
- Vamos ver alguns exemplos de conceitos para aviões comerciais e outros:

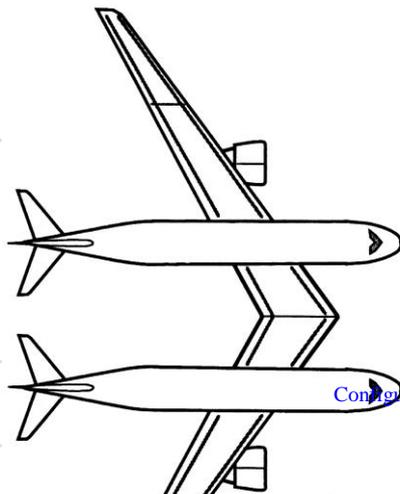


### 3. Configurações novas

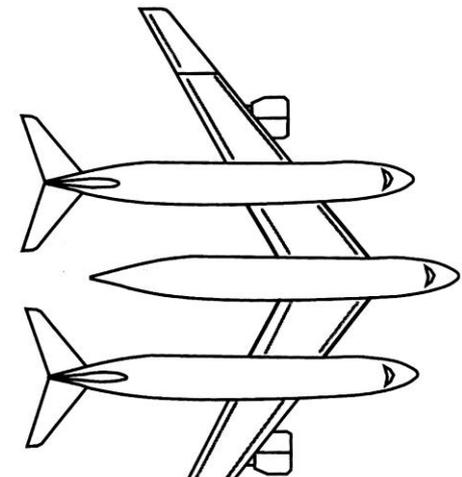
# Fuselagem múltipla

- Mais de 1000 passageiros
- Habitáculo fora do eixo longitudinal provoca sensações não convencionais de pilotagem
- Dificuldades estruturais e aerodinâmicas
- Dificuldades de aeroelasticidade

Configuração e Desenho



Configuração fuselagem dupla



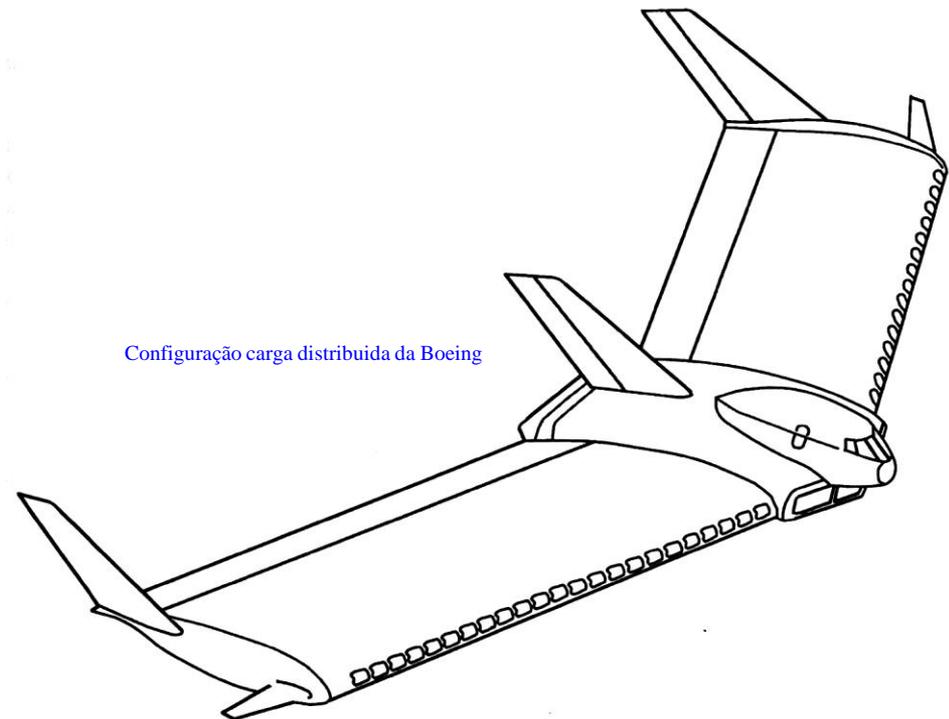
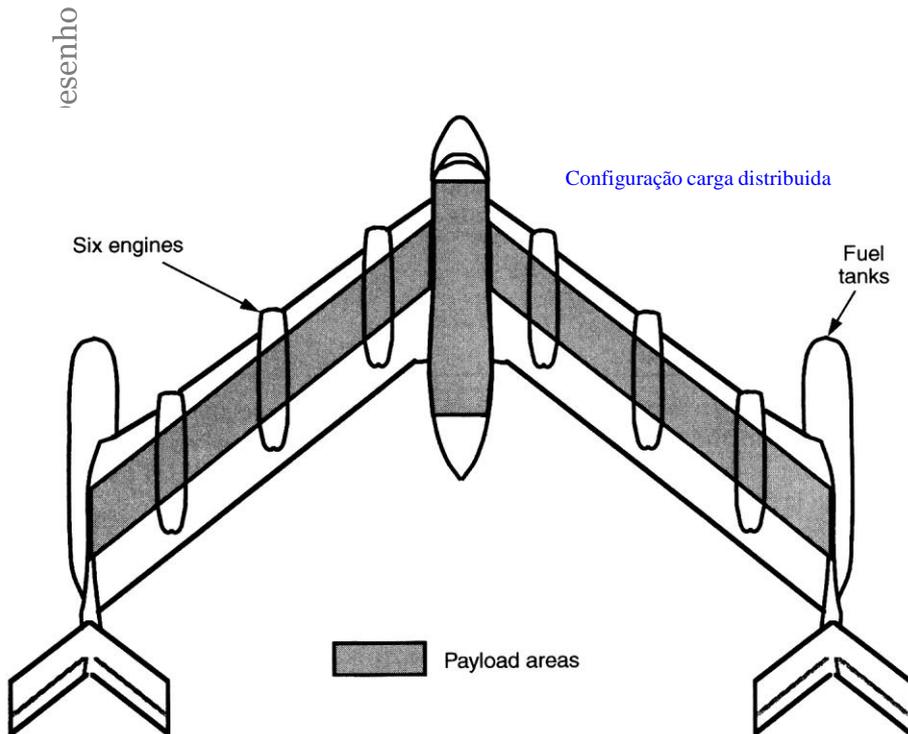
Configuração fuselagem tripla



### 3. Configurações novas

# Carga distribuída

- A carga útil fica distribuída pela envergadura
- Redução da MTOW em 10%
- Dificuldades de carregamento e evacuação

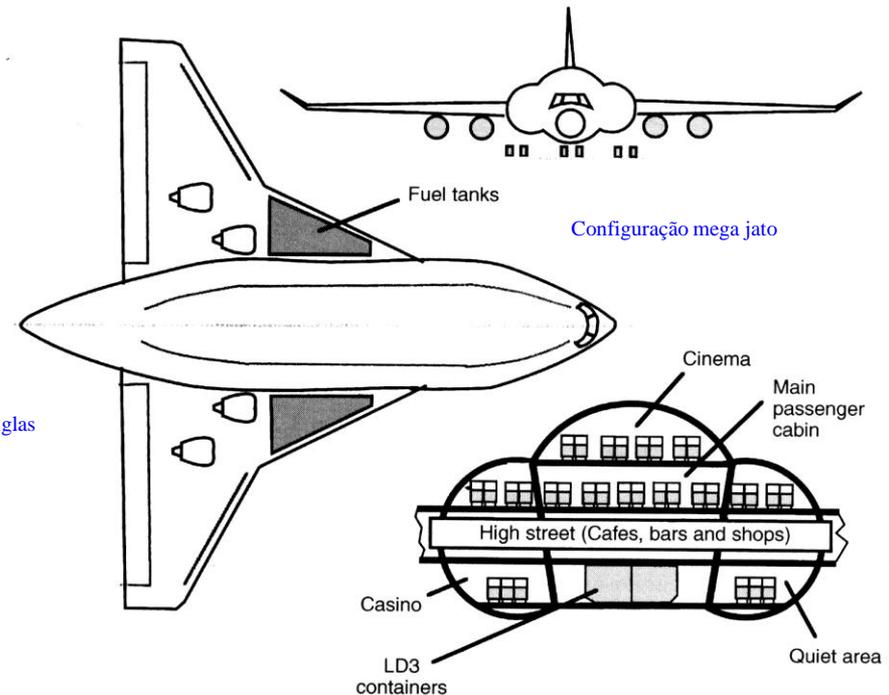
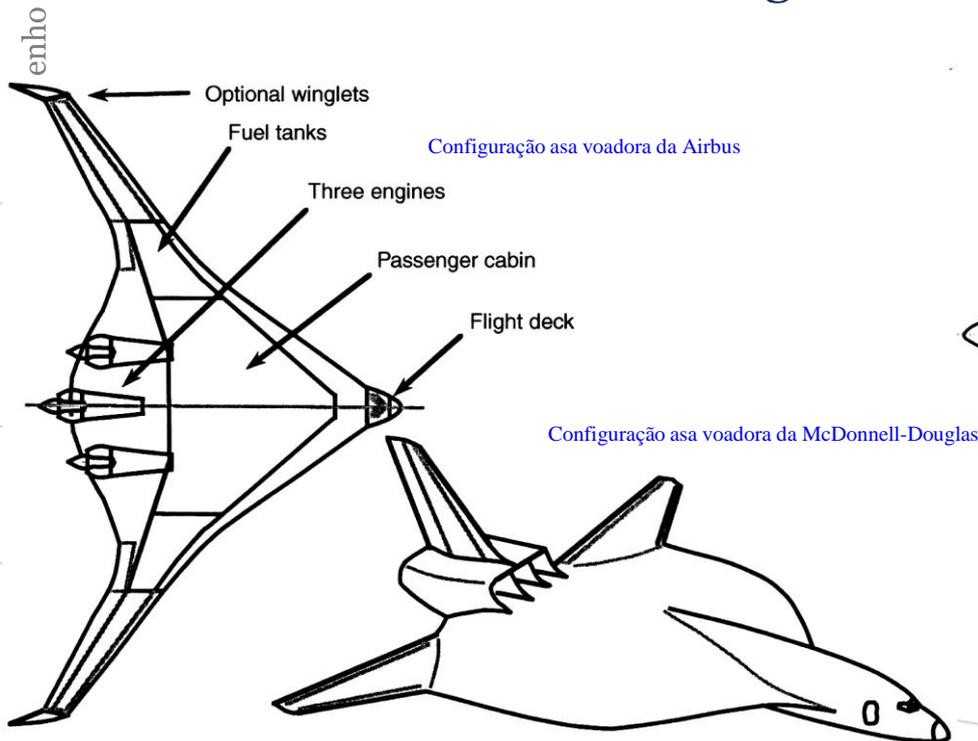


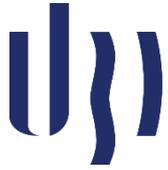


### 3. Configurações novas

# Asa voadora

- Volume maior na cabina de passageiros
- Cargas distribuídas reduzem cargas totais, logo o peso da estrutura reduz
- Dificuldades de carregamento e evacuação



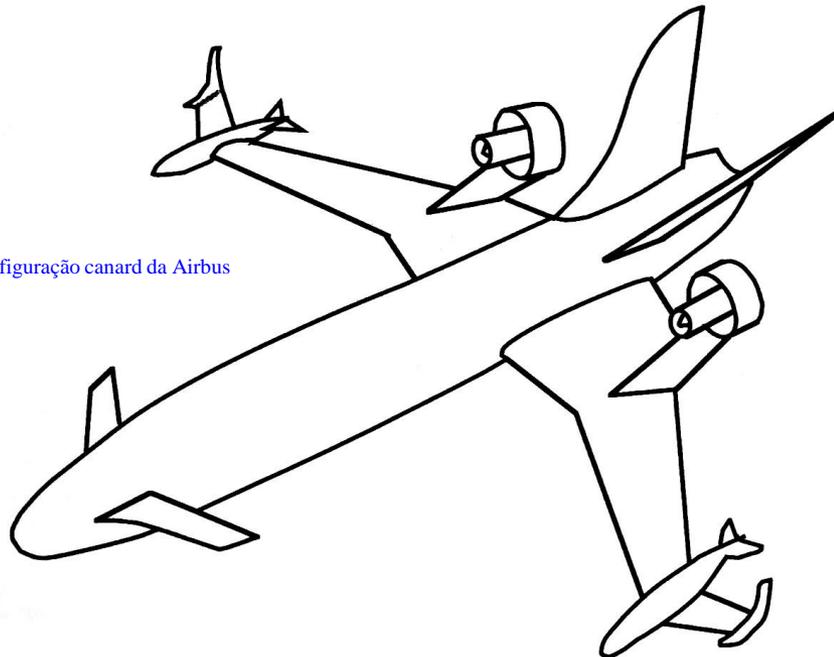


### 3. Configurações novas

# Canard

- Redução no arrasto de balanceamento, logo redução no combustível
- Pode usar-se a configuração três superfícies para repartir as cargas de balanceamento entre o canard e a empennagem horizontal

Configuração canard da Airbus



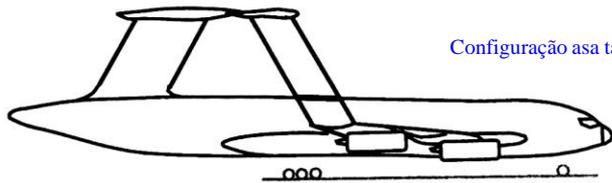


### 3. Configurações novas

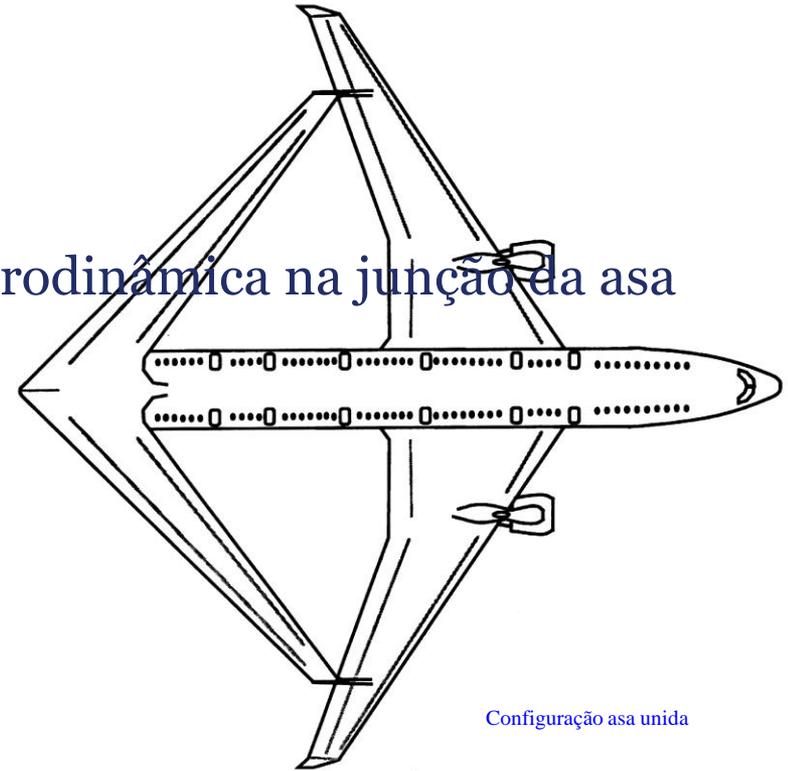
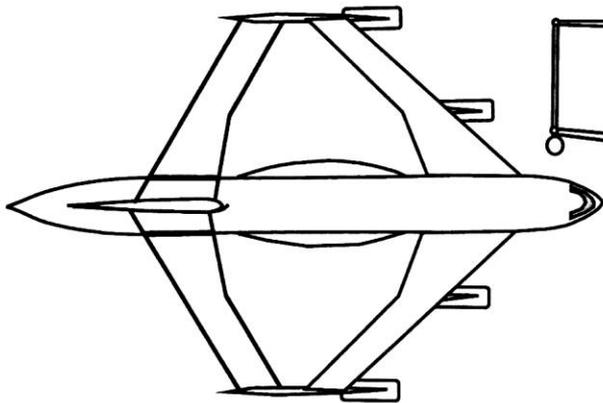
# Asa em tandem e “box-wing”

- Passeio do CG maior
- Redução da envergadura
- Redução do arrasto induzido
- Dúvidas acerca da estrutura e aerodinâmica na junção da asa

Configuração e Desenho



Configuração asa tandem da Lockheed



Configuração asa unida

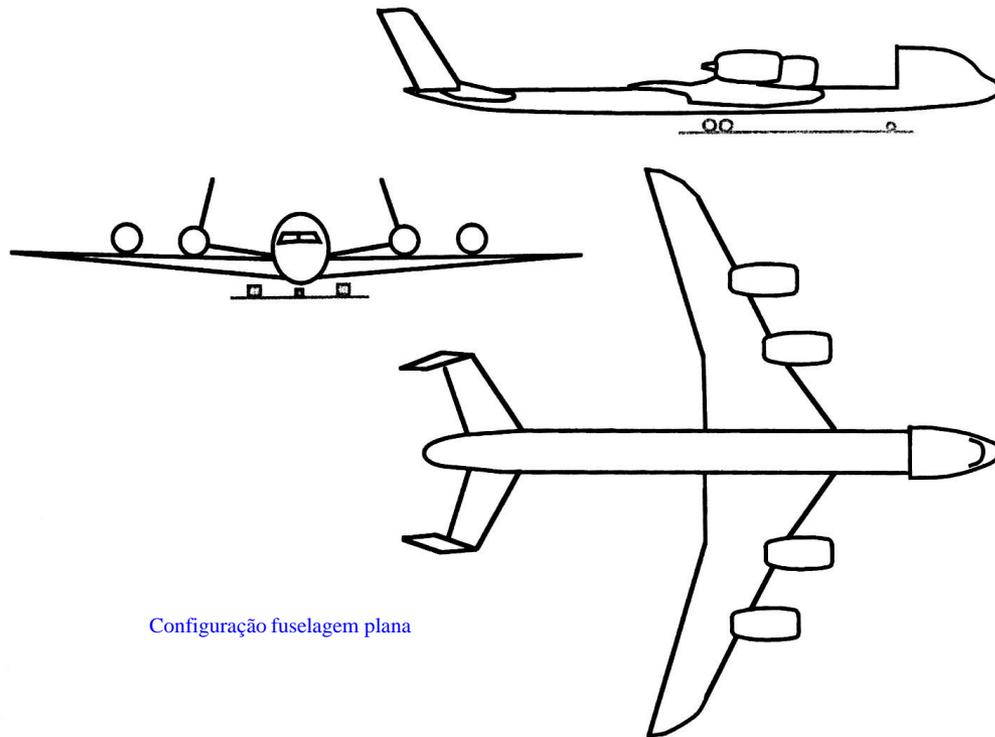




### 3. Configurações novas

# Fuselagem plana

- Fuselagem modular que pode ser equipada com uma cabina de passageiros ou carga
- Tecnicamente complexo.



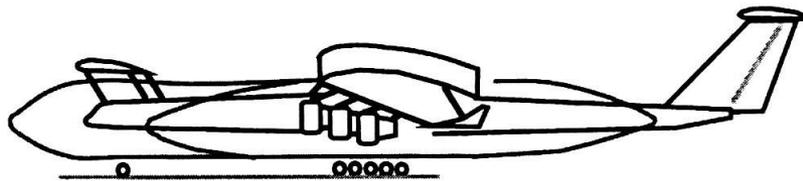
Configuração fuselagem plana



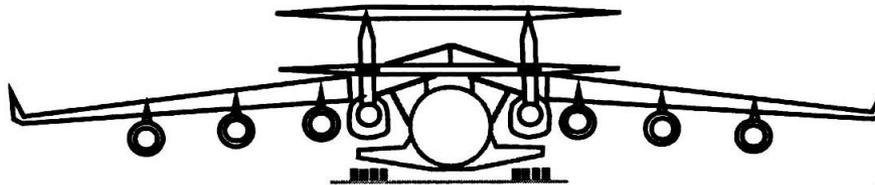
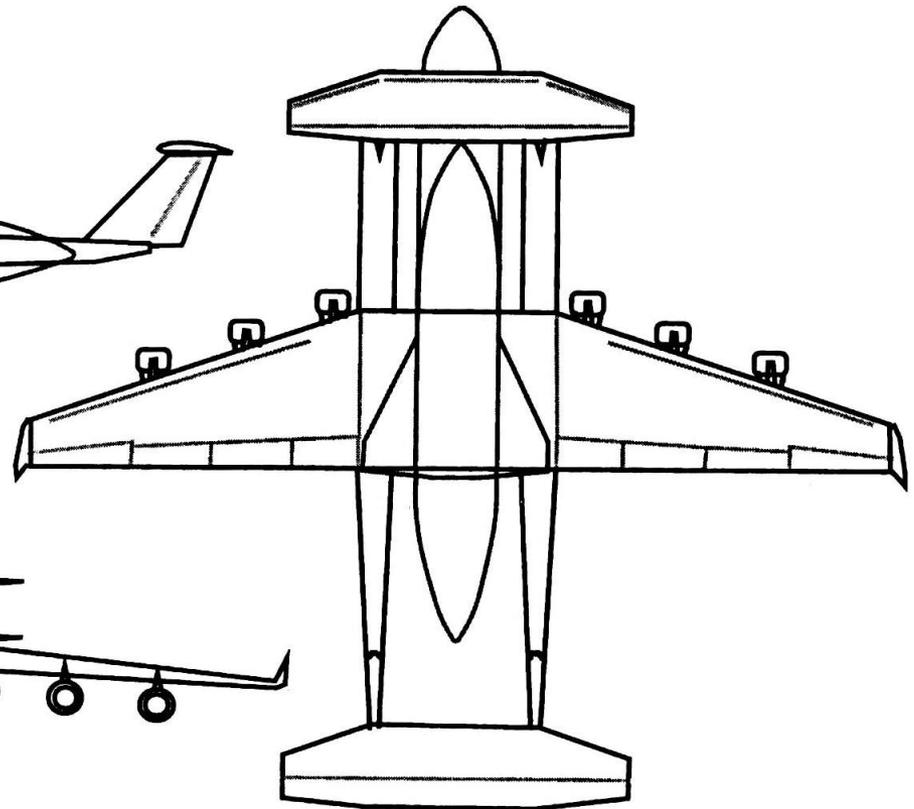
### 3. Configurações novas

## “Tudo junto”

- A imaginação dos projetistas não tem limites...



Configuração “tudo junto” da Molniya  
(Rússia)





### 3. Configurações novas

# Projetos em desenvolvimento



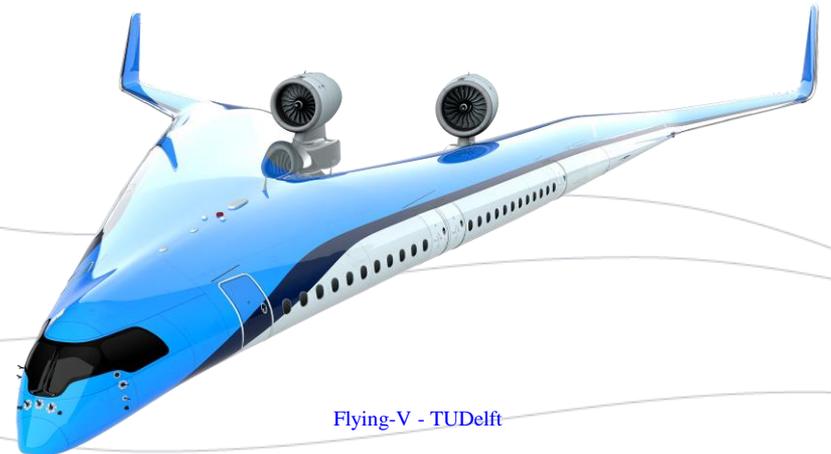
Blended Wing Body – Boeing X-47B



Strut-Braced High-Aspect Ratio Wing - NASA



Blended Wing Body – Airbus



Flying-V - TUDelft



### 3. Configurações novas

# “Tip Vortex Tail”

- A imaginação dos projetistas não tem limites...

Configuração e Desenho



Estrutura melhorada e melhor desempenho aeroelástico

Aerodinâmica melhorada e melhor qualidade de voo



### 3. Configurações novas

# Escoamento laminar

- Aeronave de passageiros com velocidade +700 km/h e alcance de 8300 km em cruzeiro

Motor a pistão com turbocompressor

Grande extensão de escoamento laminar na fuselagem

Configuração e Desenho



Asas esbeltas com winglets



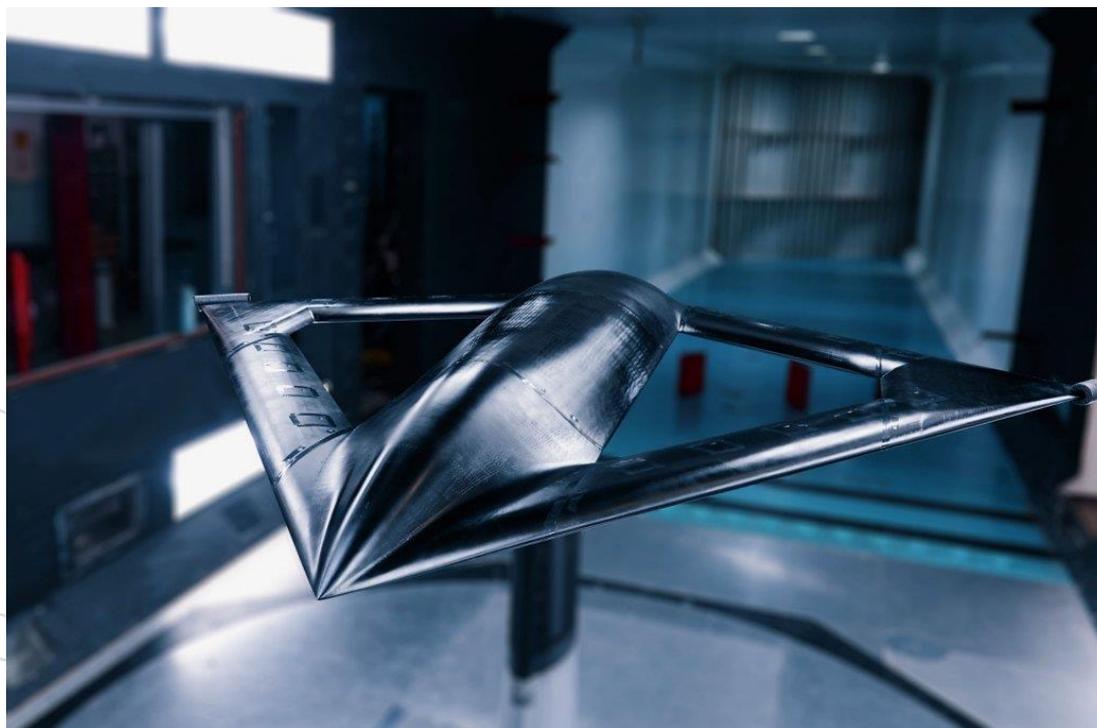
Otto Aviation Celera 500L

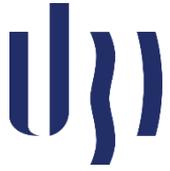


3. Configurações novas

# Integração de sensores

- Antena dentro das asas
- Controlo de escoamento





### 3. Configurações novas

# UAV de combate

- UCAV com tecnologia furtiva

Configuração e Desenho





## 4. Aeronaves adaptativas

- A procura de configurações mais flexíveis e eficientes continua
- Nos últimos anos tem-se investido grandemente na investigação de conceitos que permitem a variação extensiva da forma da aeronave para adaptação à missão
- Estes conceitos requerem o uso de novas tecnologias: otimização multidisciplinar, materiais e estruturas adaptativas, sistemas adaptativos, etc.
- Vamos ver alguns exemplos de conceitos em estudo:



## 4. Aeronaves adaptativas

# “Morphing” da asa

- Mudança da geometria
- Mudança da área
- Integração de materiais, estrutura, sistemas e controle

Configuração e Desenho

Asa com revestimento flexível



Asa telescópica



Asa “dobrável” (*folding wing*)



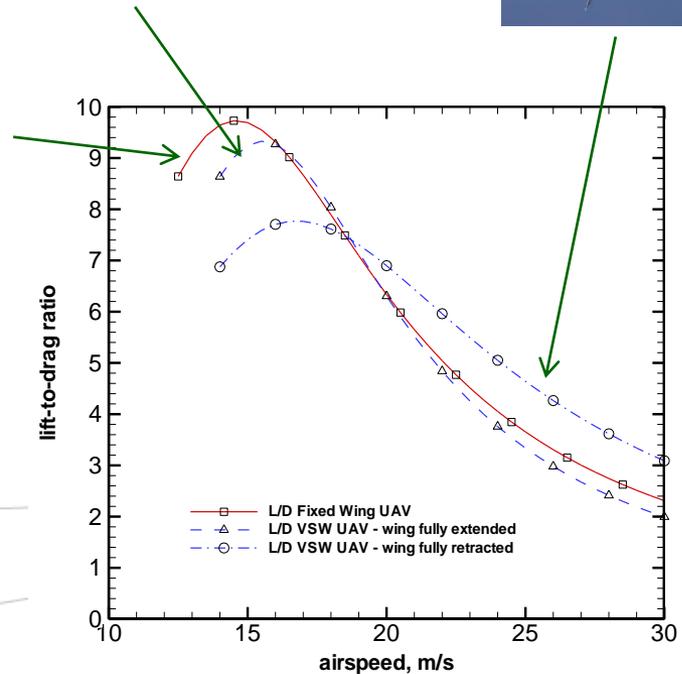
velocidade crescente



## 4. Aeronaves adaptativas

# Asa de envergadura variável

- Alteração da envergadura, afeta área e razão de aspecto da asa
- Sistema mais pesado ao nível da estrutura e do sistema de atuação
- Envelope de voo mais alargado
- Controlo de rolamento com envergadura assimétrica





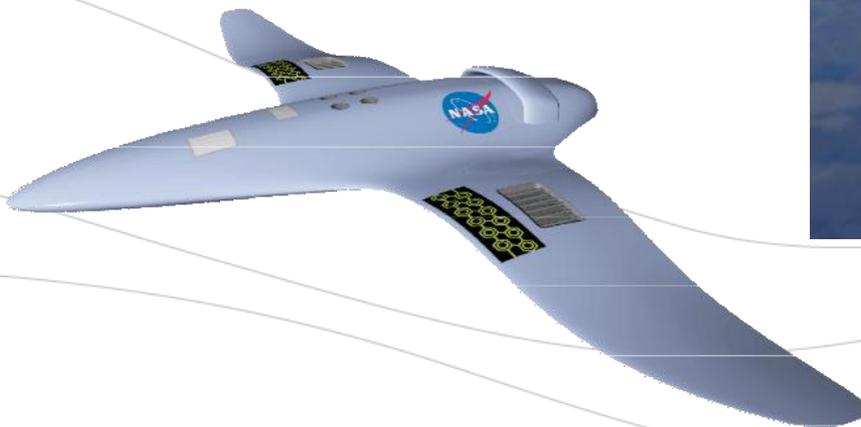
#### 4. Aeronaves adaptativas

# “Morphing” completo

- Mudança total da forma
- Sensores e atuadores embutidos na estrutura à semelhança das aves
- Integração de materiais, estrutura, sistemas e controlo levada ao limite...

Configuração e Desenho

Conceitos de UAVs





## 5. Evolução dos desenhos

- Os desenhos servem para transmitir ideias, conceitos e detalhe
- Pode considerar-se três tipos de desenhos com crescente grau de detalhe:
  - Rascunhos
  - Desenhos de estudo da configuração
  - Desenhos de perfil interno

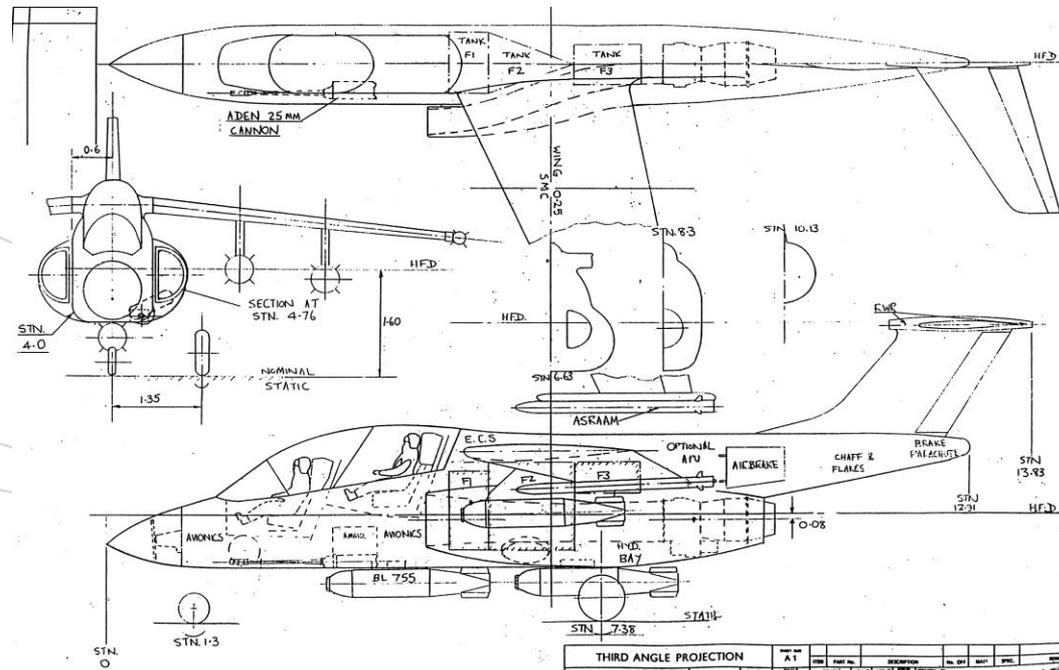




## 5. Evolução dos desenhos

# Desenhos de estudo da configuração

- Estes desenhos mostram um grau elevado de detalhe (localização de componentes internos)
- Uso de sistemas CAD
- Servem de base para a análise quantitativa da configuração
- Existe um grau elevado de iteração



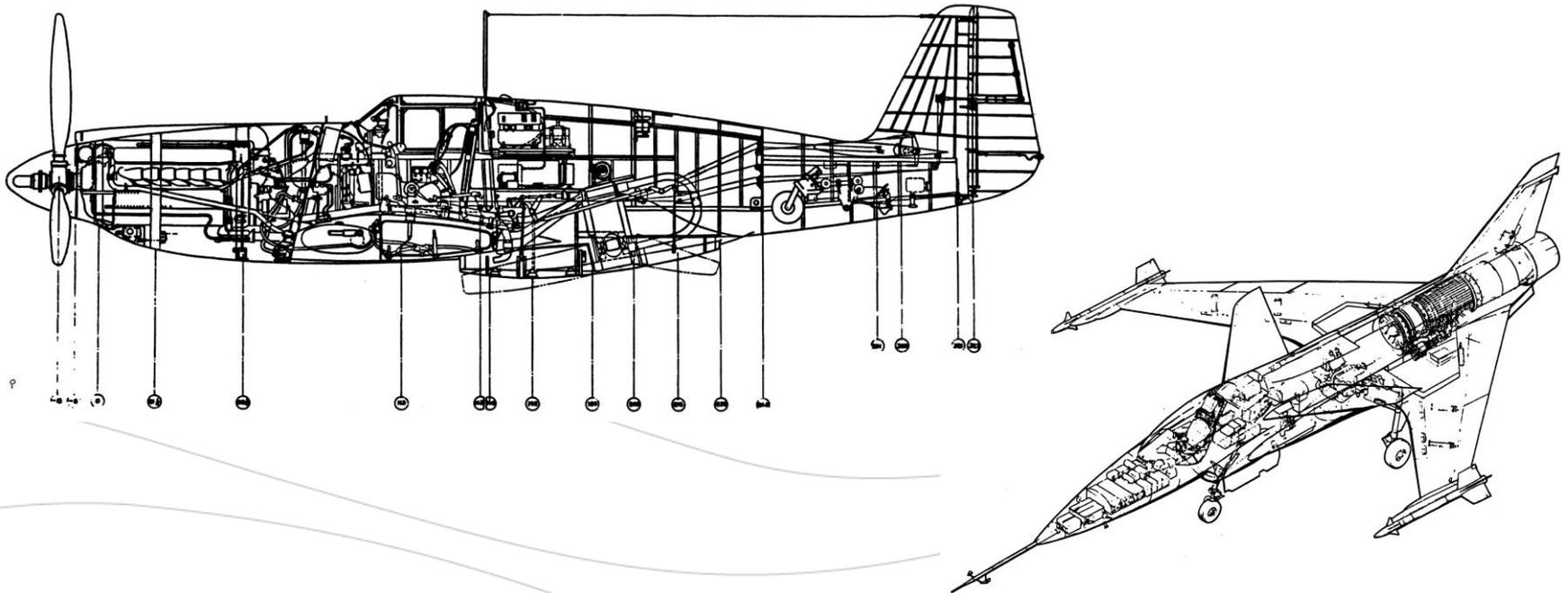


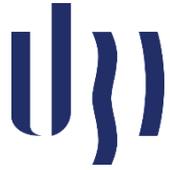
## 5. Evolução dos desenhos

# Desenhos de perfil interno

- Desenhos detalhados que mostram praticamente todos os componentes e sistemas internos da aeronave
- São trabalho de equipa

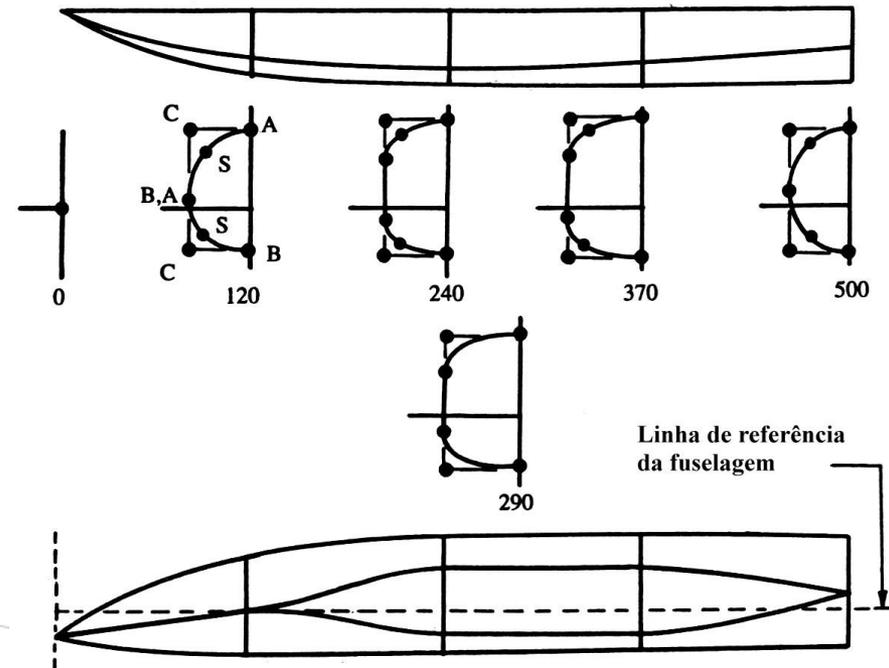
Configuração e Desenho





## 6. Desenho (“lofting”)

- Definição matemática da superfície da aeronave
- Desenho de superfícies cónicas:
  - Uso de curvas cónicas (círculo, elipse, parábola e hipérbole) para definir as secções transversais
  - Uso de linhas de controlo para garantir a suavidade das superfícies

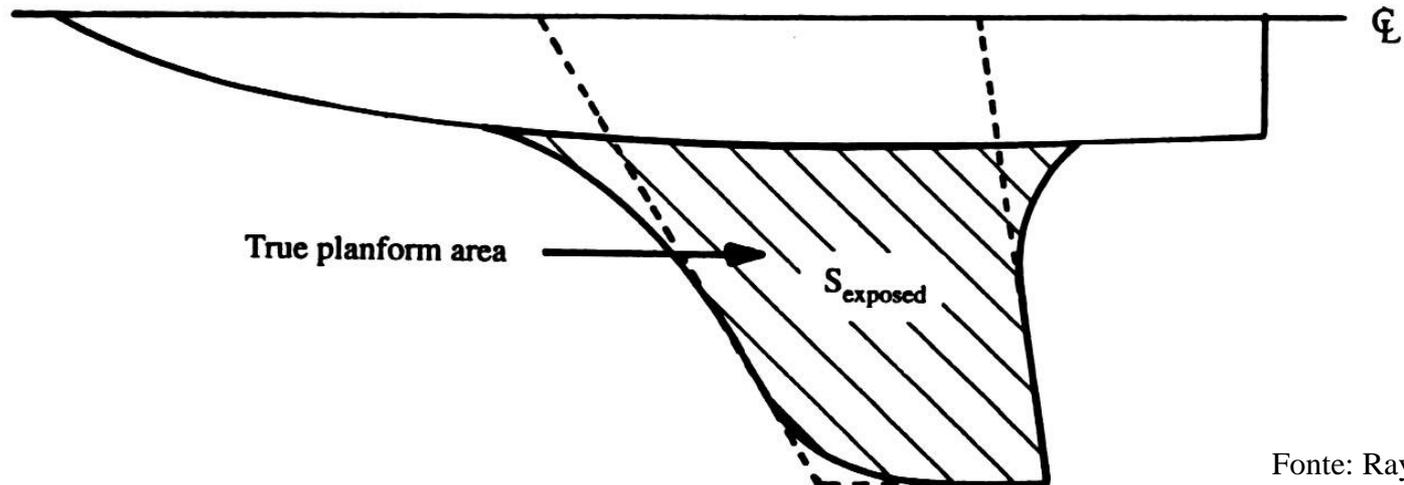






## 7. Área molhada

- Estimativa da área molhada da asa e empenagens:
  - Sabendo a área exposta (fora da fuselagem) e a espessura relativa da asa ou empenagens pode estimar-se a sua área molhada com as seguintes expressões:
  - $S_{wet} = 2,003S_{exposed}$  para  $t/c < 0,05$ ;
  - $S_{wet} = S_{exposed}[1,977+0,52(t/c)]$  para  $t/c > 0,05$ ;
  - $S_{exposed} = S_{planform\ exposed}/\cos\Gamma$ .





## 7. Área molhada

- Estimativa da área molhada da fuselagem e nacelas:
  - Sabendo a área lateral e a área em planta da fuselagem ou nacelas pode estimar-se a sua área molhada com a seguinte expressão:
  - $S_{wet} = 1,7(A_{top} + A_{side})$

