

SAA0187

Sistemas Aeronáuticos de Acionamento

Acionamento hidráulico

Prof. Dr. Jorge Henrique Bidinotto

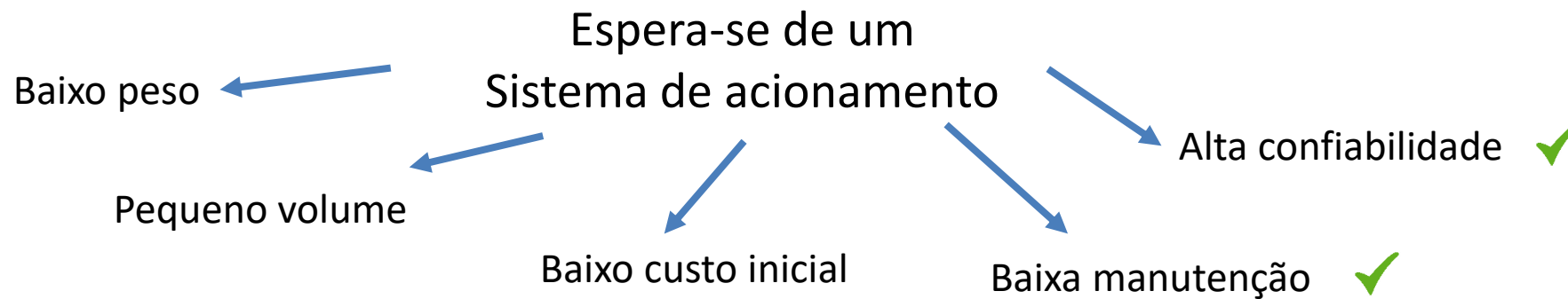
jhbidi@sc.usp.br

- **Introdução**
- **Características**
- **Funcionamento**
- **Cargas hidráulicas**
- **Circuito hidráulico**
- **Ensaio e certificação**
- **Exemplos de arquiteturas de sistema**

- **Introdução**
- Características
- Funcionamento
- Cargas hidráulicas
- Circuito hidráulico
- Ensaios e certificação
- Exemplos de arquiteturas de sistema

- Surgiu nos anos 1930, com o início dos trens de pouso retráteis
- A necessidade de atuadores mais potentes, para movimentar comandos mais pesados aumentou sua utilização nas décadas seguintes
- Ainda hoje é o método mais usado para se movimentar comandos primários e secundários

- Com o tempo, tem perdido lentamente espaço para os sistemas eletrificados (More Electric Aircraft), mas ainda é de longe o tipo de acionamento mais usado em aeronaves
- Ainda é a melhor solução para acionamentos que necessitem de resposta rápida e com alta carga



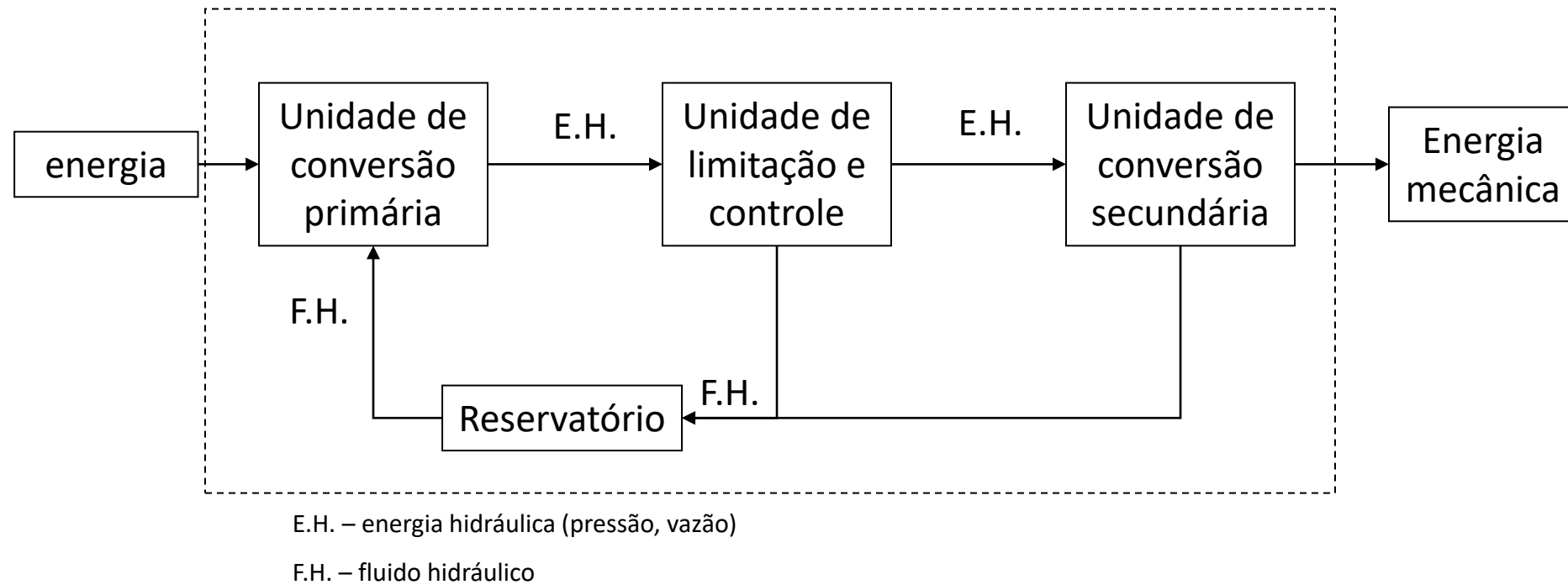
- Introdução
- **Características**
- Funcionamento
- Cargas hidráulicas
- Circuito hidráulico
- Ensaios e certificação
- Exemplos de arquiteturas de sistema

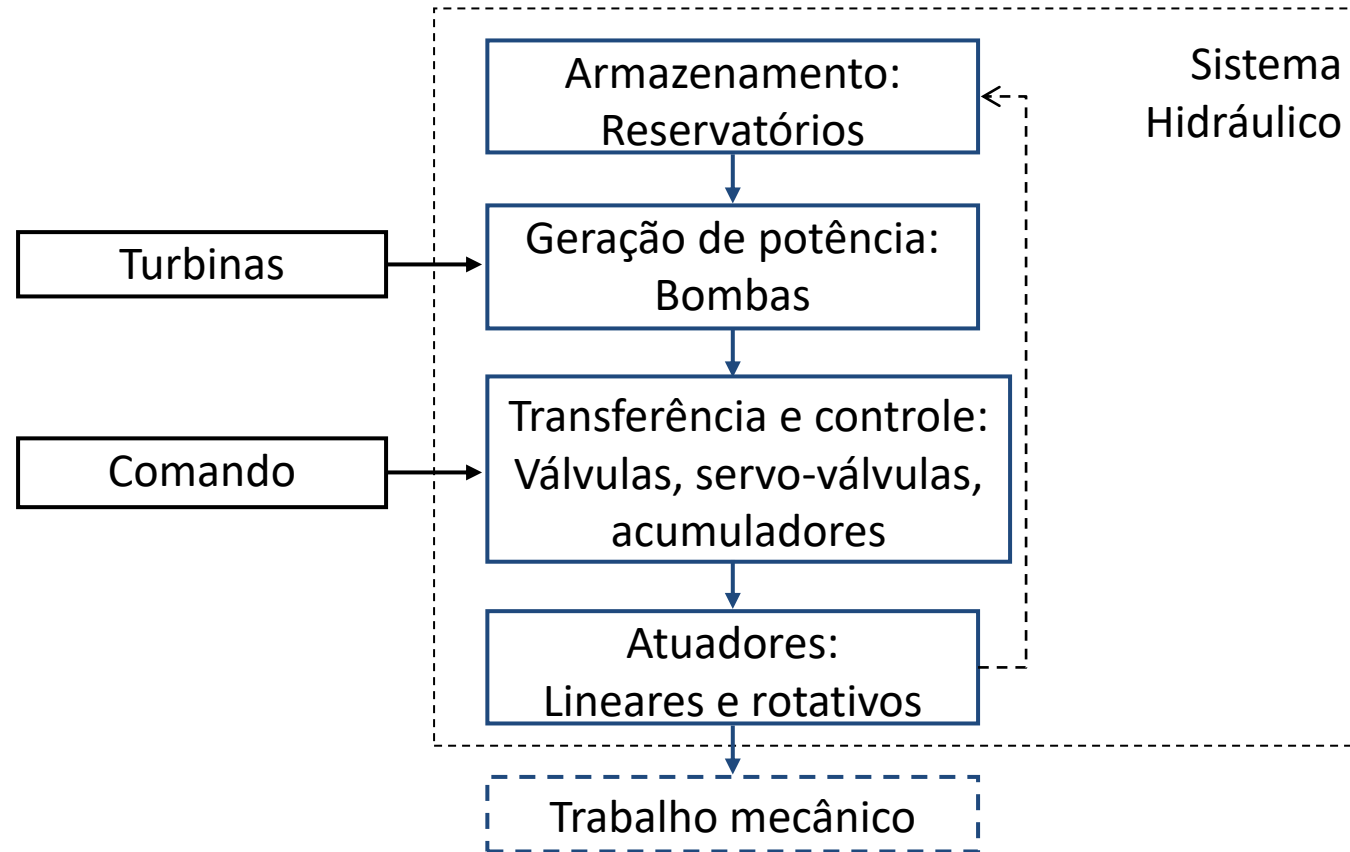
- Baixa relação peso potência
- Capaz de transmitir grandes forças e/ou torques elevados a partir de entradas de baixa amplitude e potência
- Velocidade de resposta, com partidas, paradas e reversão de velocidades rápidas
- Os atuadores hidráulicos podem ser operados sob condições contínuas, intermitentes, de parada e reversão sem sofrer avarias
- Componentes lubrificadas pelo próprio fluido de trabalho
- Possibilidade de combinação com sistemas mecânicos, elétricos e pneumáticos

- Custo elevado
- Risco de explosão e incêndios (dependendo do fluido utilizado)
- Cuidados com vazamentos que podem diminuir a eficiência do sistema
- Contaminação do fluido pode implicar em falhas do sistema
- Presença de ar no circuito hidráulico provocam movimentos pulsantes dos atuadores
- Elevada dependência da temperatura

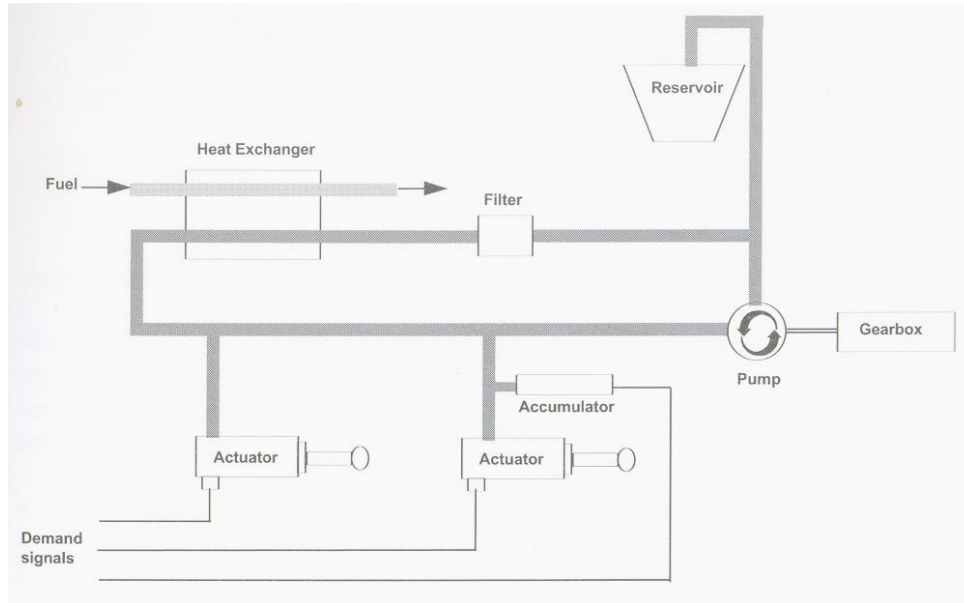
- Introdução
- Características
- **Funcionamento**
- Cargas hidráulicas
- Circuito hidráulico
- Ensaios e certificação
- Exemplos de arquiteturas de sistema

- Pode ser definido como um conjunto de elementos convenientemente associados que, utilizando um fluido como meio de transferência de energia, possibilita a transmissão e controle de forças e movimentos.





Alguns elementos básicos de um sistema hidráulico



- Aplicação em diversos campos:
 - Máquinas injetoras
 - Prensas
 - Robôs industriais
 - Máquinas de precisão
 - Máquinas agrícolas
 - Veículos de transporte e passeio
 - Navios
 - Superfícies de controle de aeronaves, trens de pouso, etc.
 - Simuladores de voo

- Introdução
- Características
- Funcionamento
- **Cargas hidráulicas**
- Circuito hidráulico
- Ensaios e certificação
- Exemplos de arquiteturas de sistema

- Em geral, os seguintes sistemas são operados hidráulicamente:
- Comandos de voo primários
 - Profundores
 - Lemes
 - Ailerons
 - Canards
- Comandos de voo secundários
 - Flapes
 - Slats
 - Spoilers
 - Freios aerodinâmicos

- Em geral, os seguintes sistemas são operados hidráulicamente:
- Utilitários
 - Trem de pouso (pernas e portas)
 - Freios e anti-skid
 - Freio de estacionamento
 - Esterçamento
 - Probe de abastecimento em voo
 - Portas de carga
 - Rampa de carregamento
 - Escada de passageiros
 - Portas de compartimentos de bomba
 - Acionamento de armamento
 - Atuação do canopi

- Para uma aeronave de passageiros:

Primary Flight Controls:

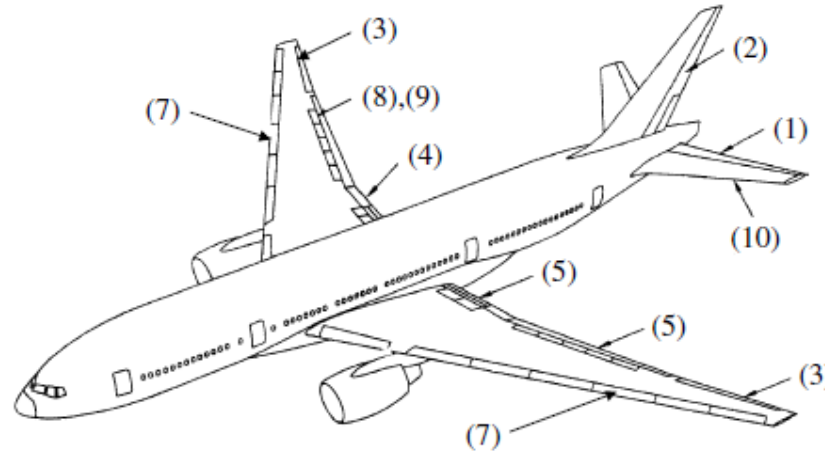
- -Elevators – (1)
- -All-moving tail surfaces (military)
- -Rudders – (2)
- -Ailerons – (3)
- -Flaperons – (4)
- -Canards

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

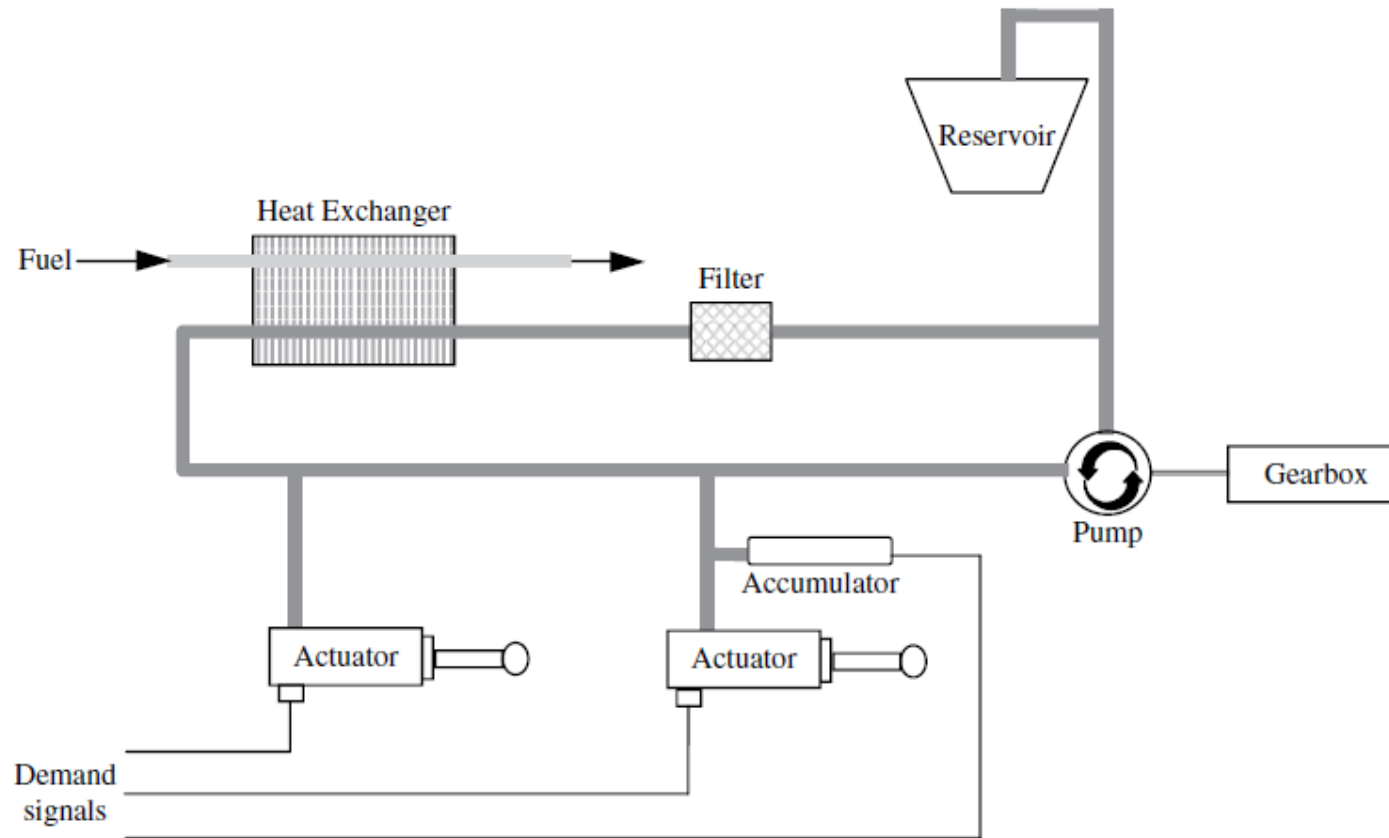


- Introdução
- Características
- Funcionamento
- Cargas hidráulicas
- **Circuito hidráulico**
- Ensaios e certificação
- Exemplos de arquiteturas de sistema

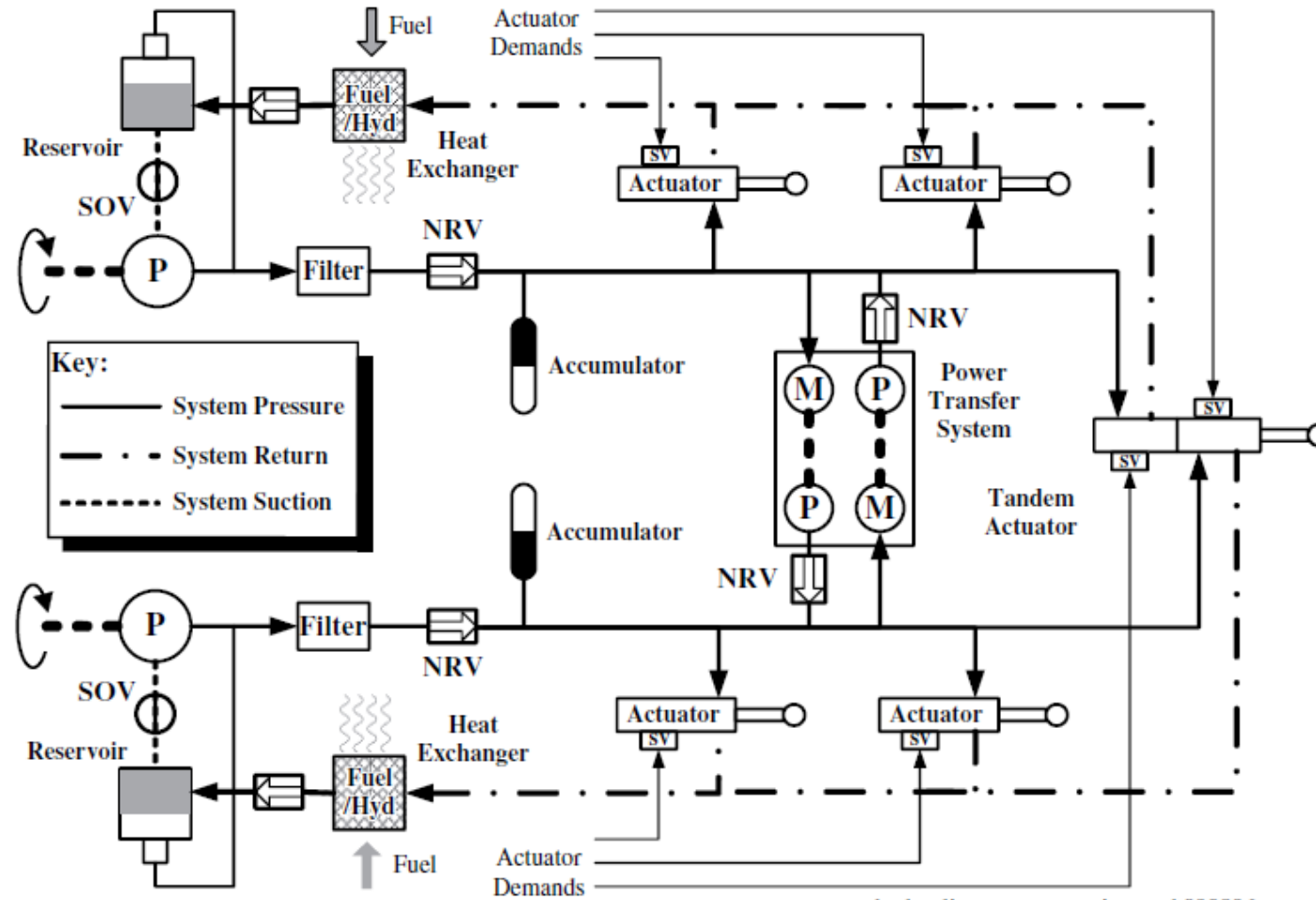
- Normalmente aeronaves militares possuem no mínimo dois sistemas atuando em paralelo, enquanto aeronaves civis possuem ao menos três sistemas, para redundância na atuação
- Para funcionamento, algumas grandezas devem ser levadas em consideração no sistema:
 - Pressão
 - Integridade
 - Vazão
 - Ciclos de atuação
 - Emergência ou uso em condição degradada
 - Geração e dissipação de calor

- Em um circuito hidráulico, os seguintes componentes estão presentes:
 - Fonte de energia (motor, APU, RAT, etc.)
 - Reservatório
 - Filtro para limpeza do fluido
 - Um sistema de distribuição com múltiplas redundâncias (tubulação, válvulas, etc.)
 - Sensores de temperatura e pressão
 - Mecanismo para resfriamento do fluido
 - Uma aplicação para a demanda hidráulica (atuadores, motores, bombas, etc.)
 - Uma forma de armazenar energia (acumulador)

- Representação simplificada de um circuito hidráulico









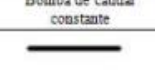
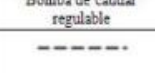

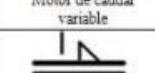
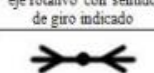
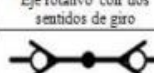

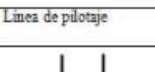
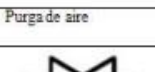
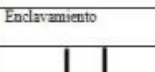
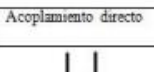
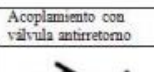
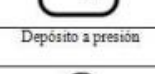
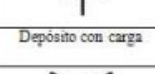
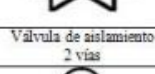
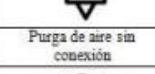
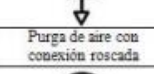
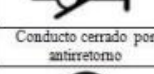


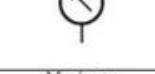
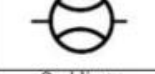
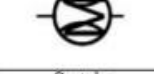

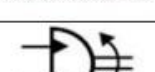


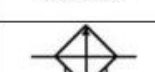
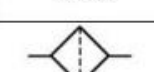
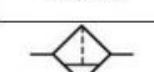
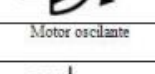
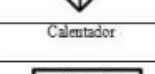

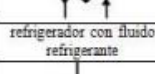

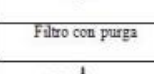
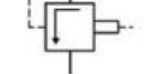
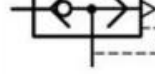
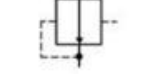
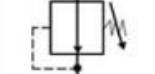
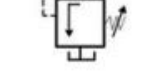
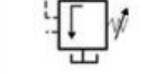
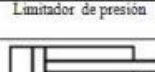
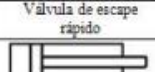
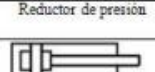
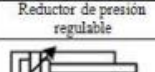
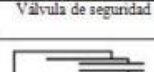

- Representação típica de um circuito hidráulico de duplo canal



- Considerações para o projeto de um sistema hidráulico:
 1. Fundamental determinar e se conhecer as características dos sistemas que serão atendidos e operação normal e em emergência
 2. Garantir acesso aos componentes do sistema que precisam de inspeção ou manutenção periódica
 3. Tentar separar linhas dos diferentes sistemas que acionam controles:
 - falha de estrutura
 - Desintegração de componentes do motor
 4. Realmente garantir a independência dos diversos sistemas hidráulicos de um avião

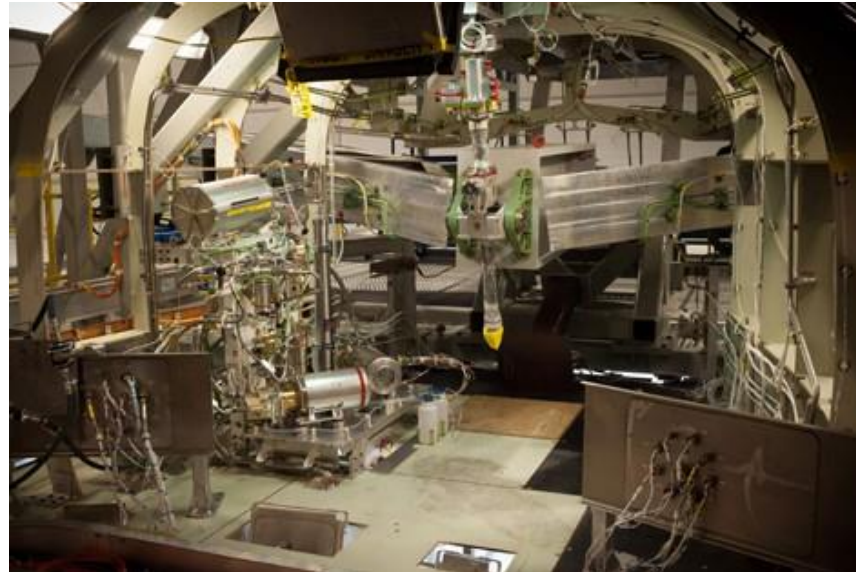
- Simbologia dos componentes hidráulicos

	JUN 1985	NBR 8896
Símbolos gráficos para sistemas e componentes hidráulicos e pneumáticos - Símbolos básicos e funcionais		
<p>Simbologia</p> <p>Origem: Projeto 04:004.06-001/1984 CB-04 - Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos CE-04:004.06 - Comissão de Estudo de Óleo Hidráulico e Pneumático NBR 8896 - Graphic symbols - Fluid power systems and components - Basic and functional symbols - Symbology Descriptors: Graphic symbol. Hydraulic fluid power. Pneumatic fluid power Esta Norma foi baseada nas ISO 1219/1976, ISO 5598/1982, ISO 5599/1978, ANSI Y 32.10, ANSI B 93.9, ANSI B 93.2, NFPA/T 3.10.4, DIN 24300, DIN/ISO 1219 e CETOP RP 100</p>		
Palavras-chave: Símbolos gráficos. Hidráulica. Pneumática		14 páginas

					
Bomba de caudal constante	Bomba de caudal regulable	Motor de caudal constante	Motor de caudal variable	eje rotativo con sentido de giro indicado	Eje rotativo con dos sentidos de giro
					
Línea de presión	Línea de pilotaje	Purga de aire	Enclavamiento	Acoplamiento directo	Acoplamiento con válvula antirretorno
					
Depósito a presión	Depósito con carga	Válvula de aislamiento 2 vías	Purga de aire sin conexión	Purga de aire con conexión roscada	Conducto cerrado por antirretorno
					
Acumulador hidráulico	Válvula de aislamiento 3 vías	Manómetro	Caudalímetro	Contador	Termómetro
					
Motor oscilante	Calentador	Refrigerador	refrigerador con fluido refrigerante	Filtro	Filtro con purga
					
Limitador de presión	Válvula de escape rápido	Reductor de presión	Reductor de presión regulable	Válvula de seguridad	Válvula limitadora de presión
					
Cilindro de simple efecto	Cilindro de doble efecto	Cilindro D.E. amortiguado	Cilindro D.E. amortiguación variable	Cilindro S.E. Telescópico	Motor térmico
					
Accionamiento mecánico	Accionamiento por roldana	Accionamiento por resorte	Accionamiento por electroimán	Accionamiento por presión	Accionamiento por depresión
					
Accionamiento manual	Accionamiento por pulsador	Accionamiento por palanca	Accionamiento por pedal	Accionamiento por electroimán y presión	Accionamiento por motor monofásico

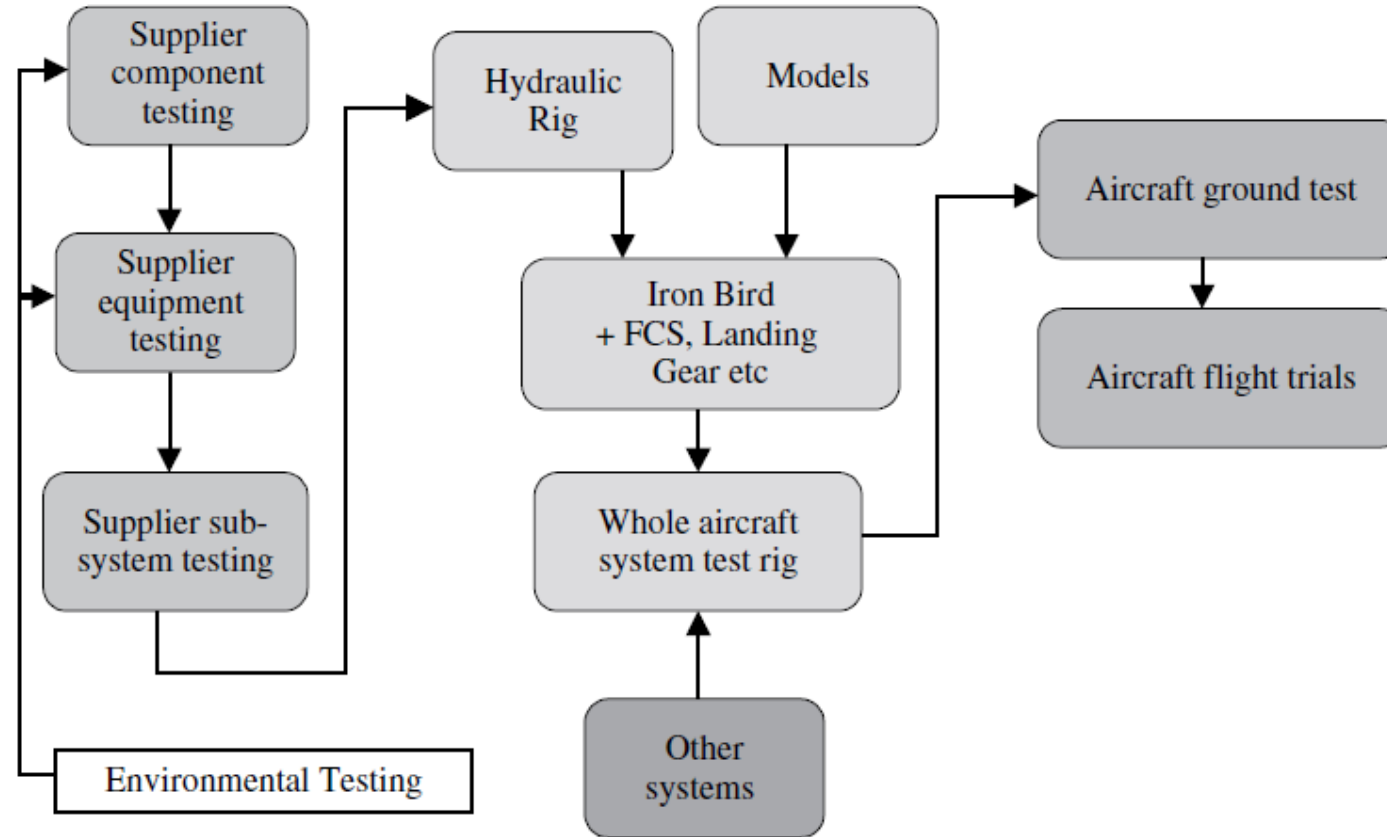
- Introdução
- Características
- Funcionamento
- Cargas hidráulicas
- Circuito hidráulico
- **Ensaios e certificação**
- Exemplos de arquiteturas de sistema

- Para certificação de uma aeronave, seu sistema hidráulico deve passar por uma grande bateria de testes
- Antes dos testes em voo, é previsto que o sistema passe por centenas de horas de teste em bancadas chamadas “rig”



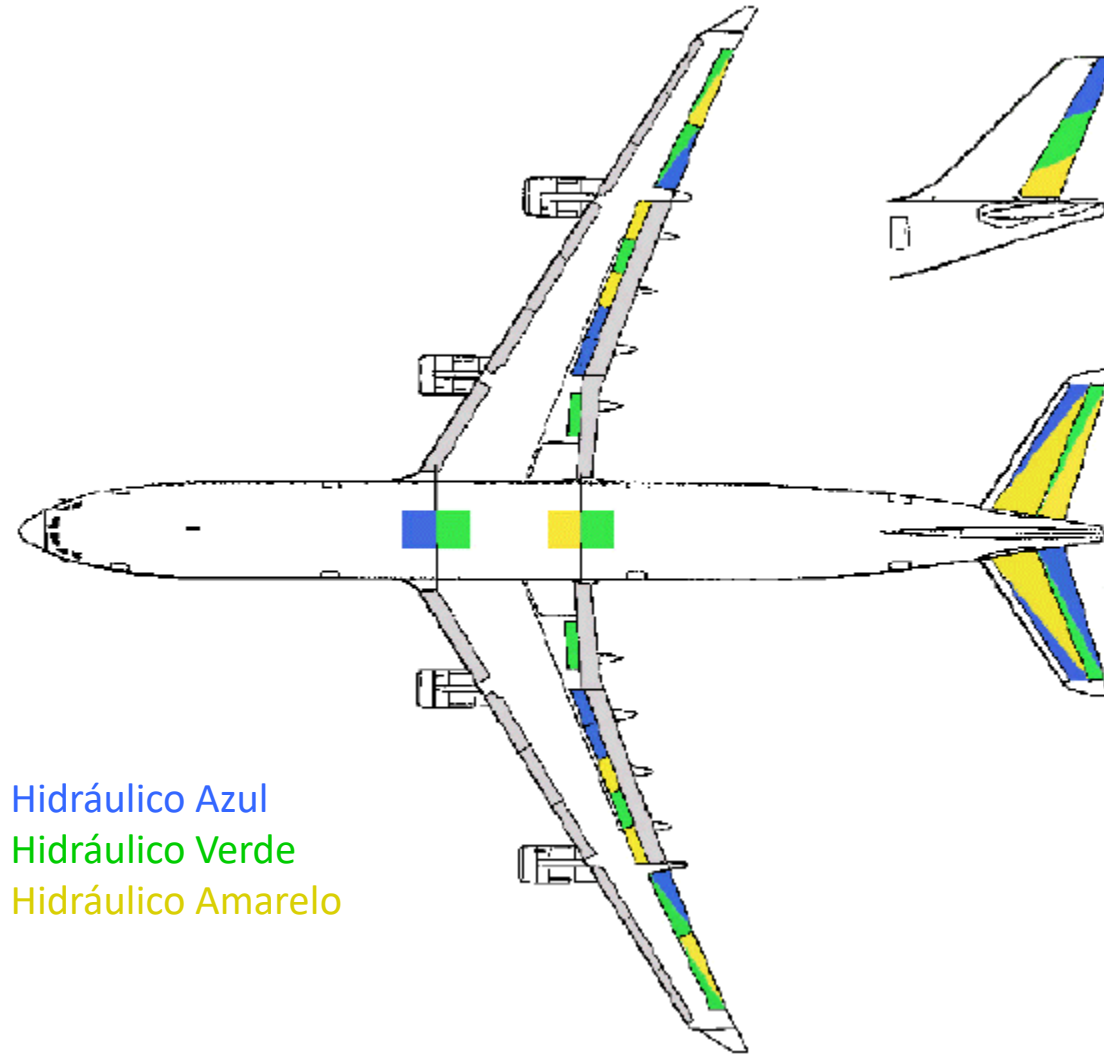
- Após testados os sistemas hidráulicos, eles são combinados com os comandos de voo, trem de pouso e outros sistemas para um rig mais completo, chamado “iron Bird”, antes de serem levados à aeronave





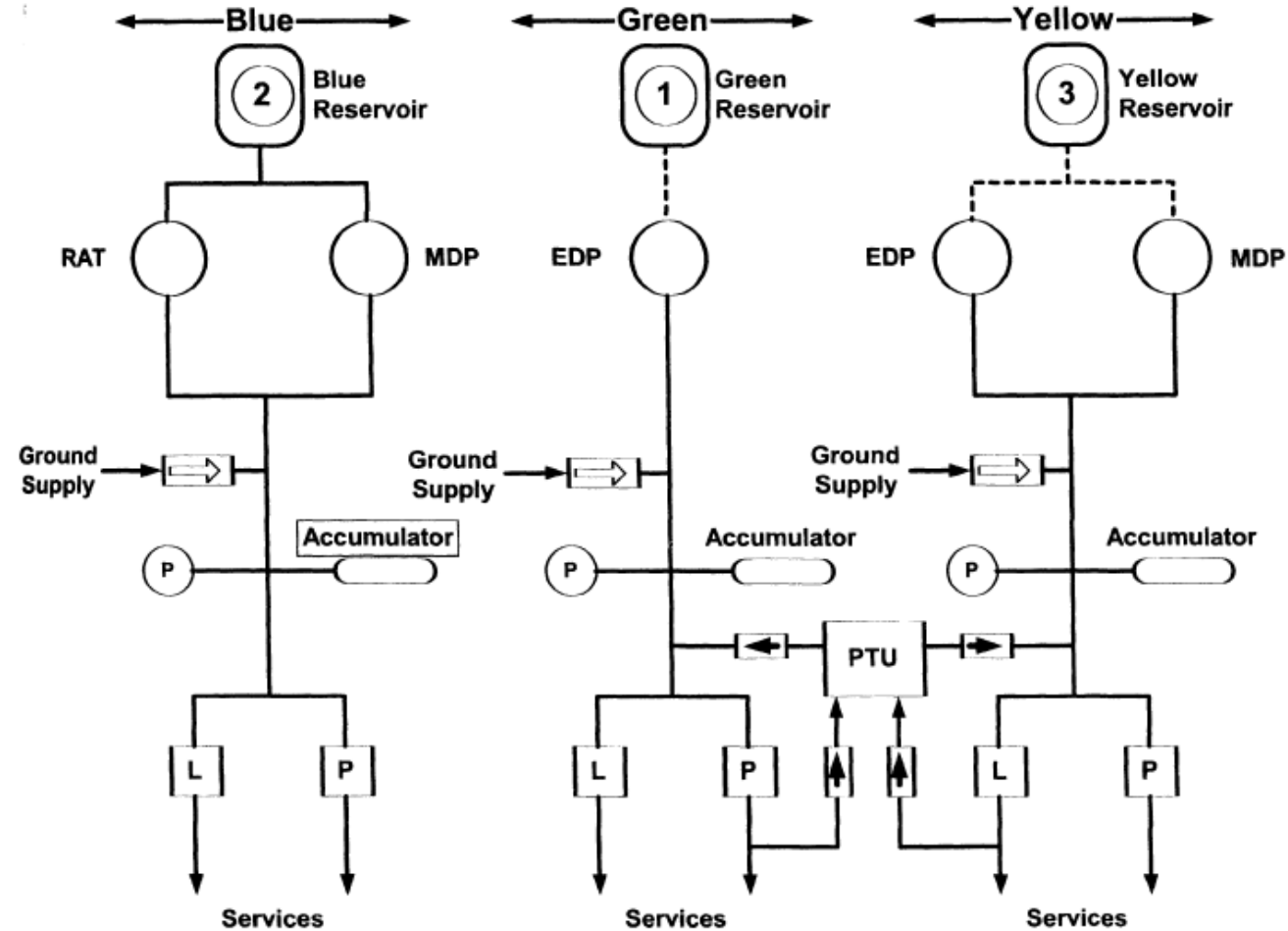
- Introdução
- Características
- Funcionamento
- Cargas hidráulicas
- Circuito hidráulico
- Ensaios e certificação
- **Exemplos de arquiteturas de sistema**

- Airbus A340



- Sistema Hidráulico Azul
- Sistema Hidráulico Verde
- Sistema Hidráulico Amarelo

- Airbus A340
 - Esquema simplificado



- Boeing 737

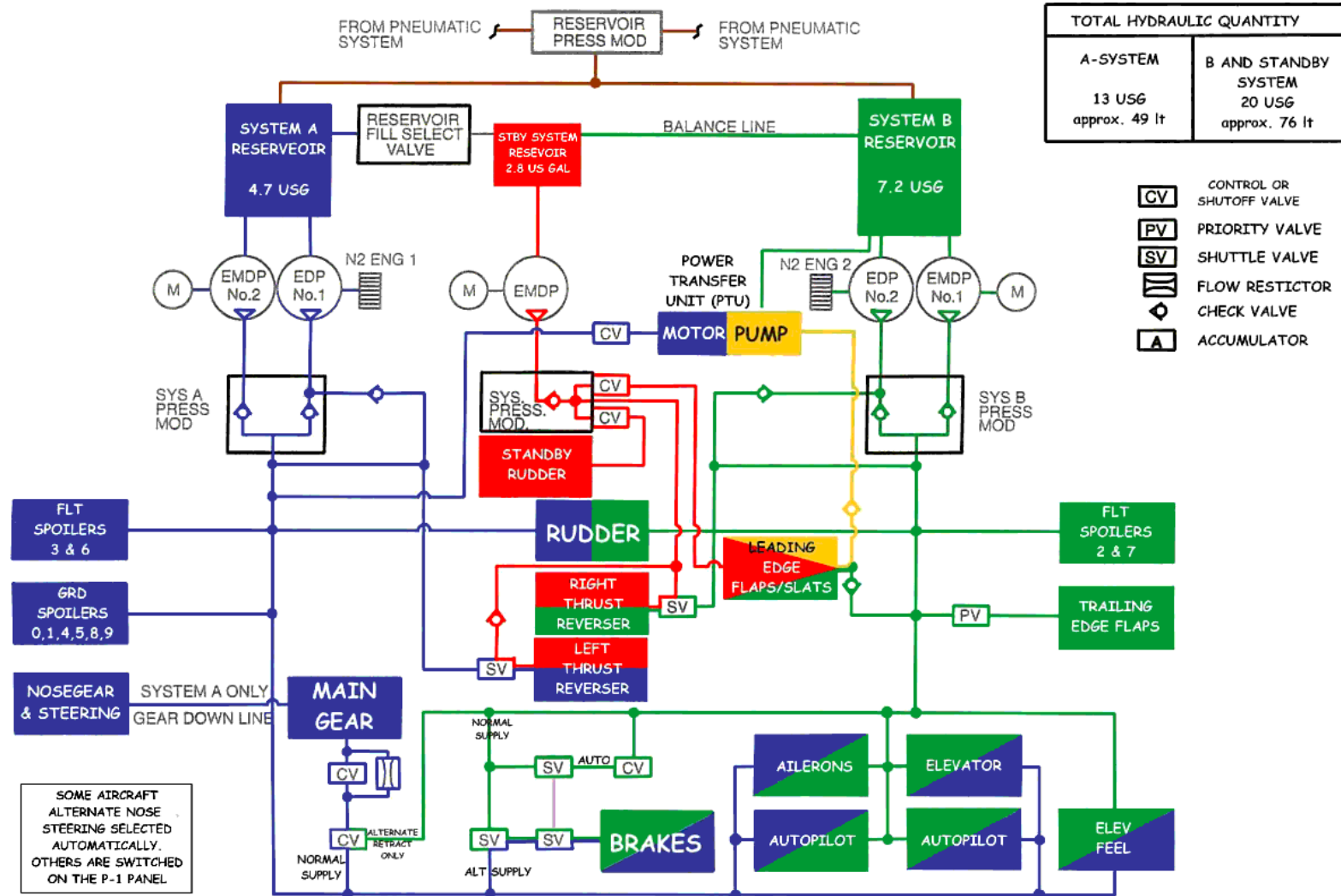
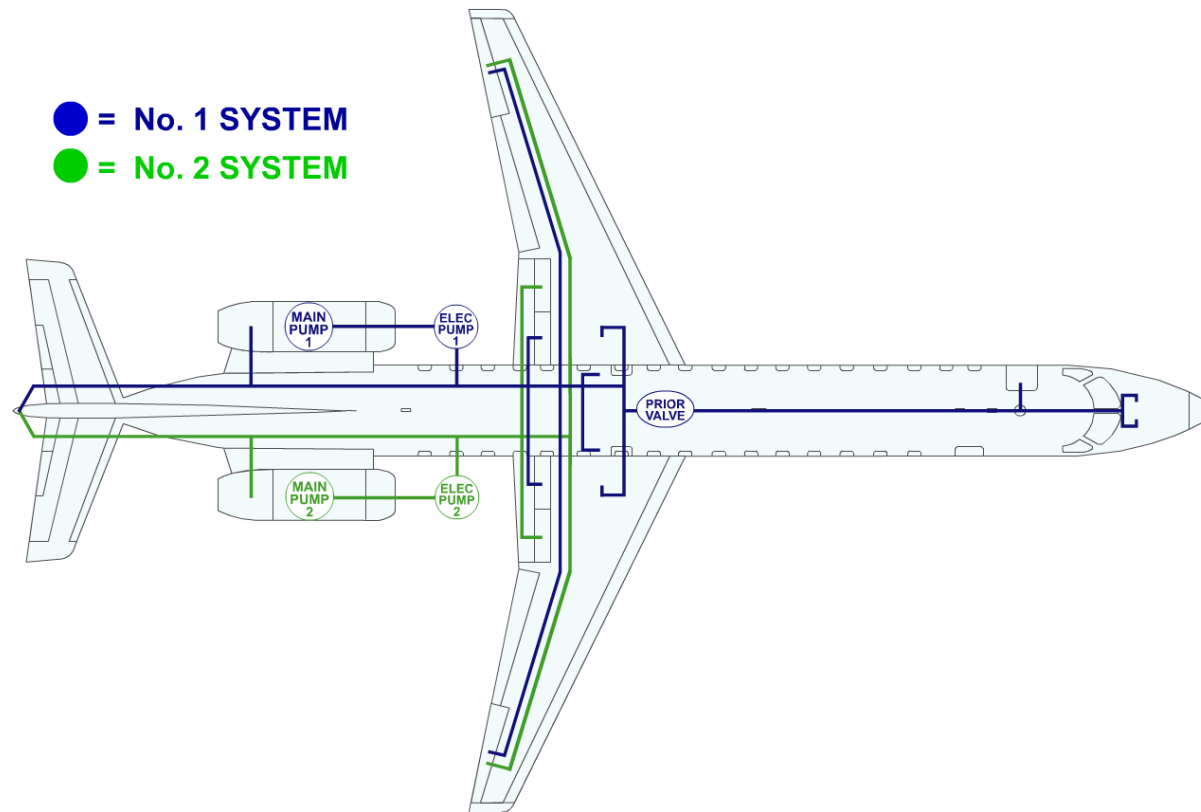
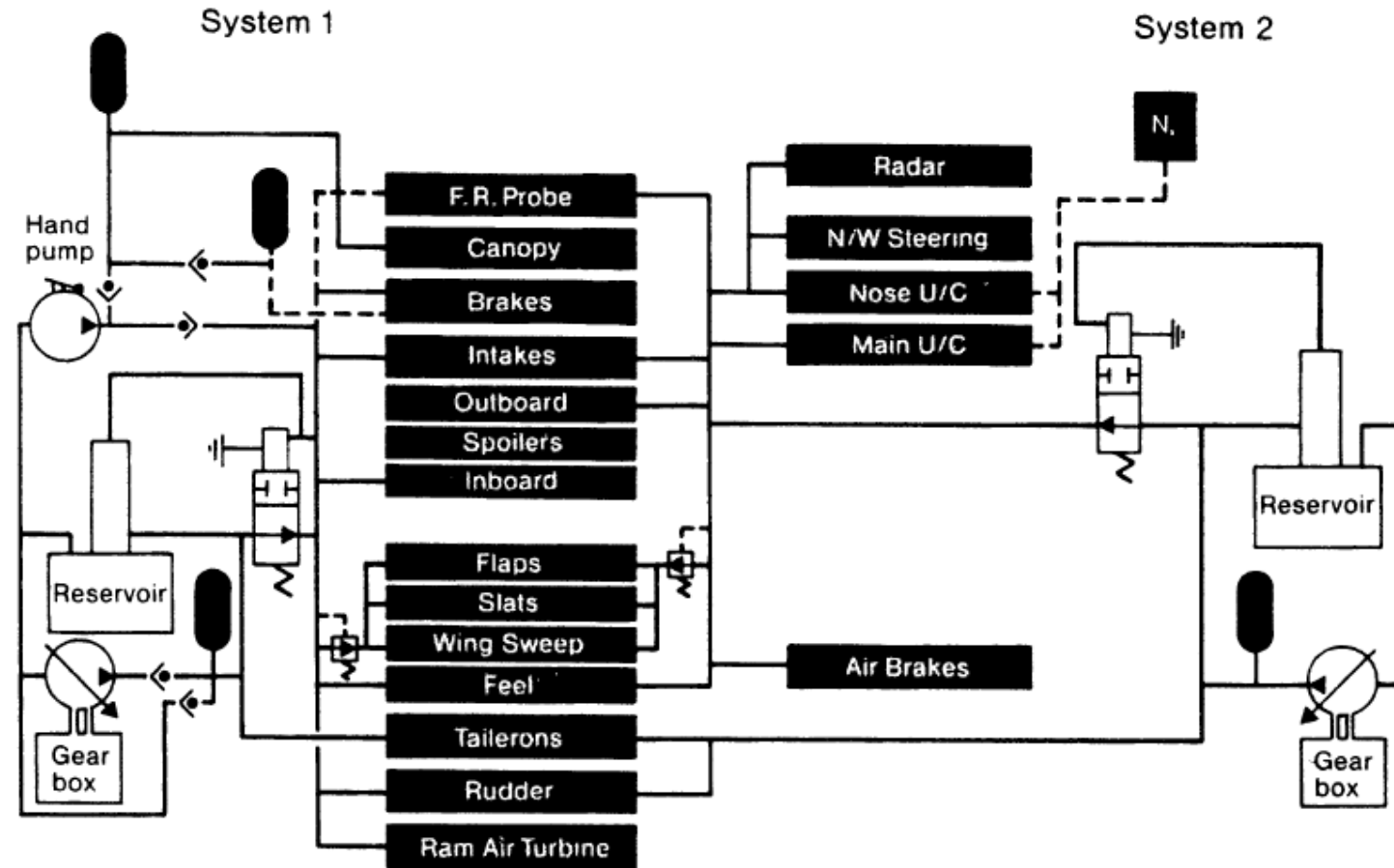


Figure 3 Hydraulic System Power Distribution

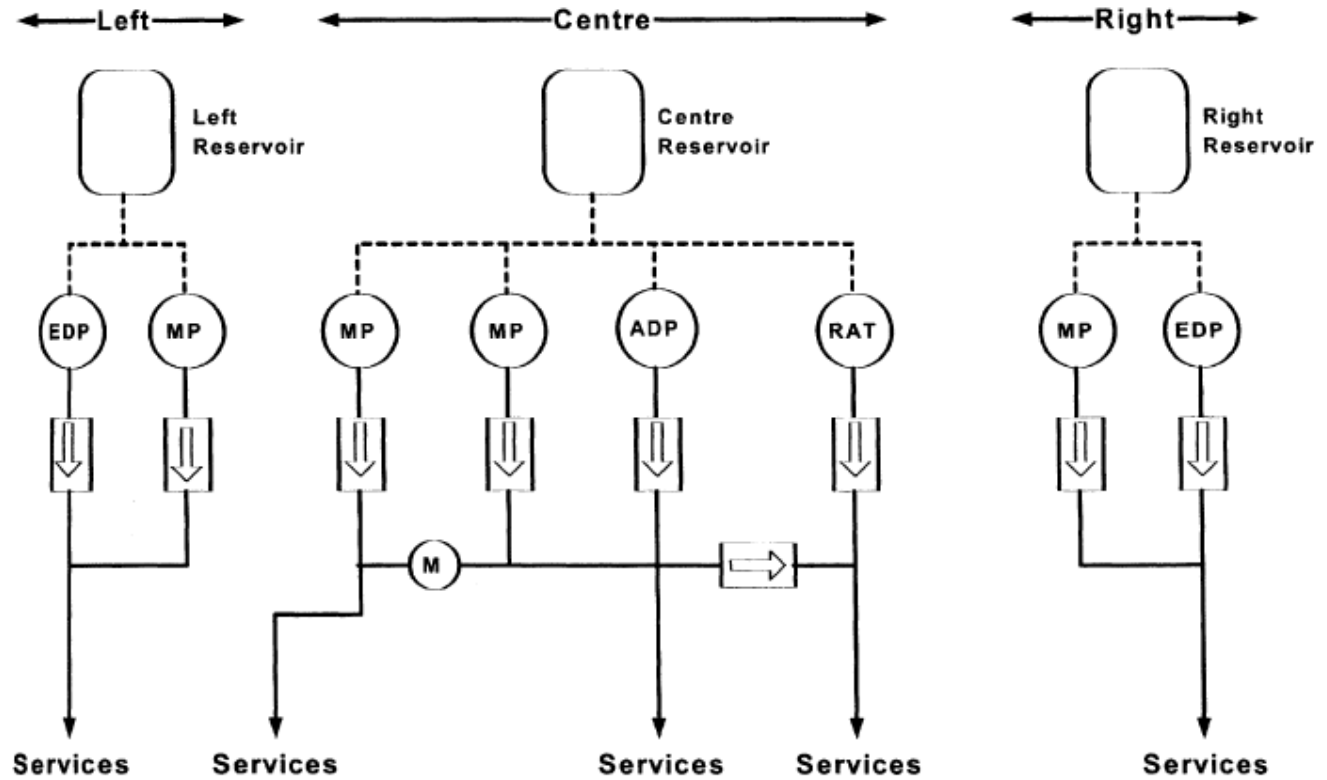
- Embraer 145



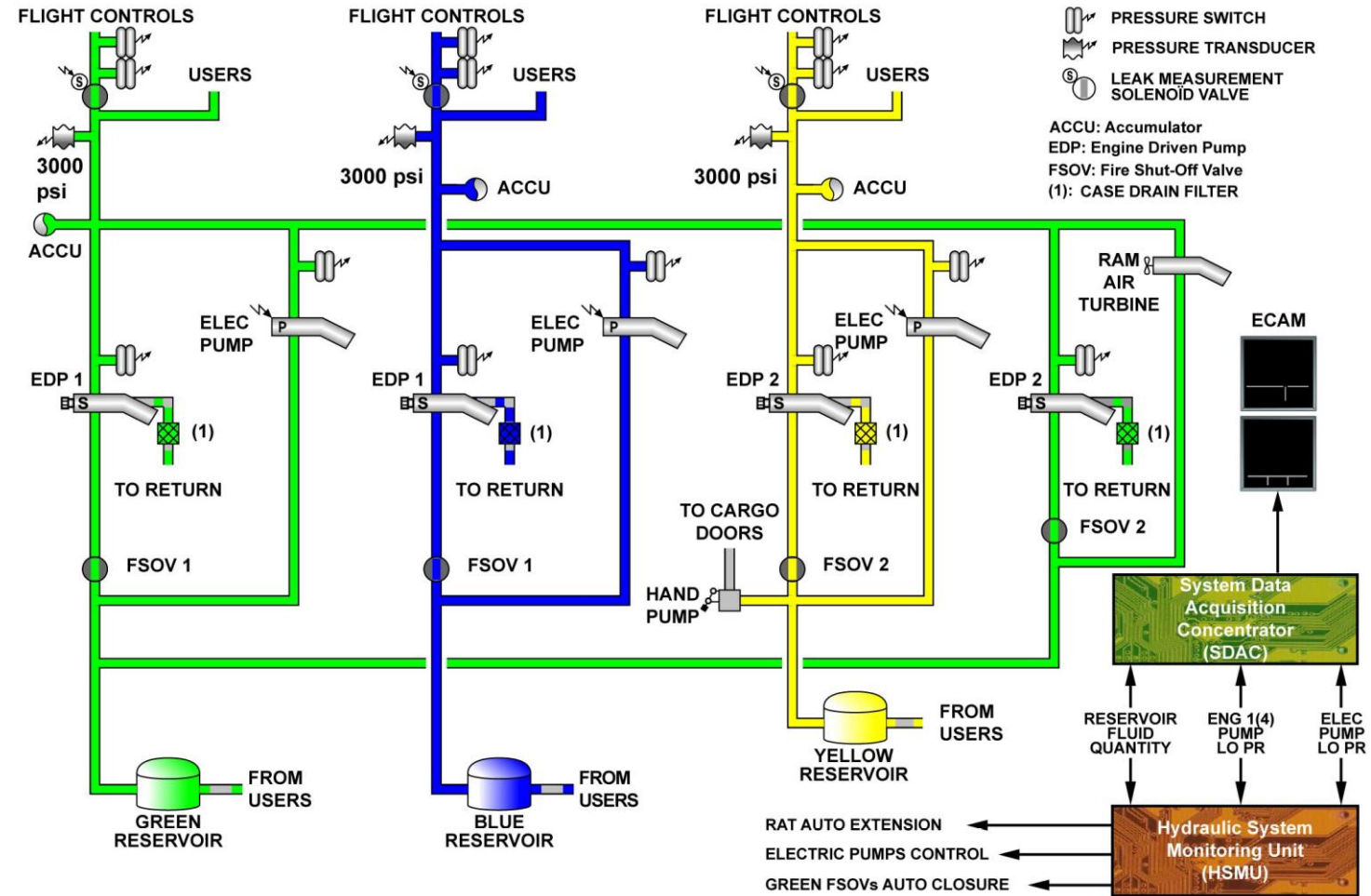
- Tornado
 - Esquema simplificado



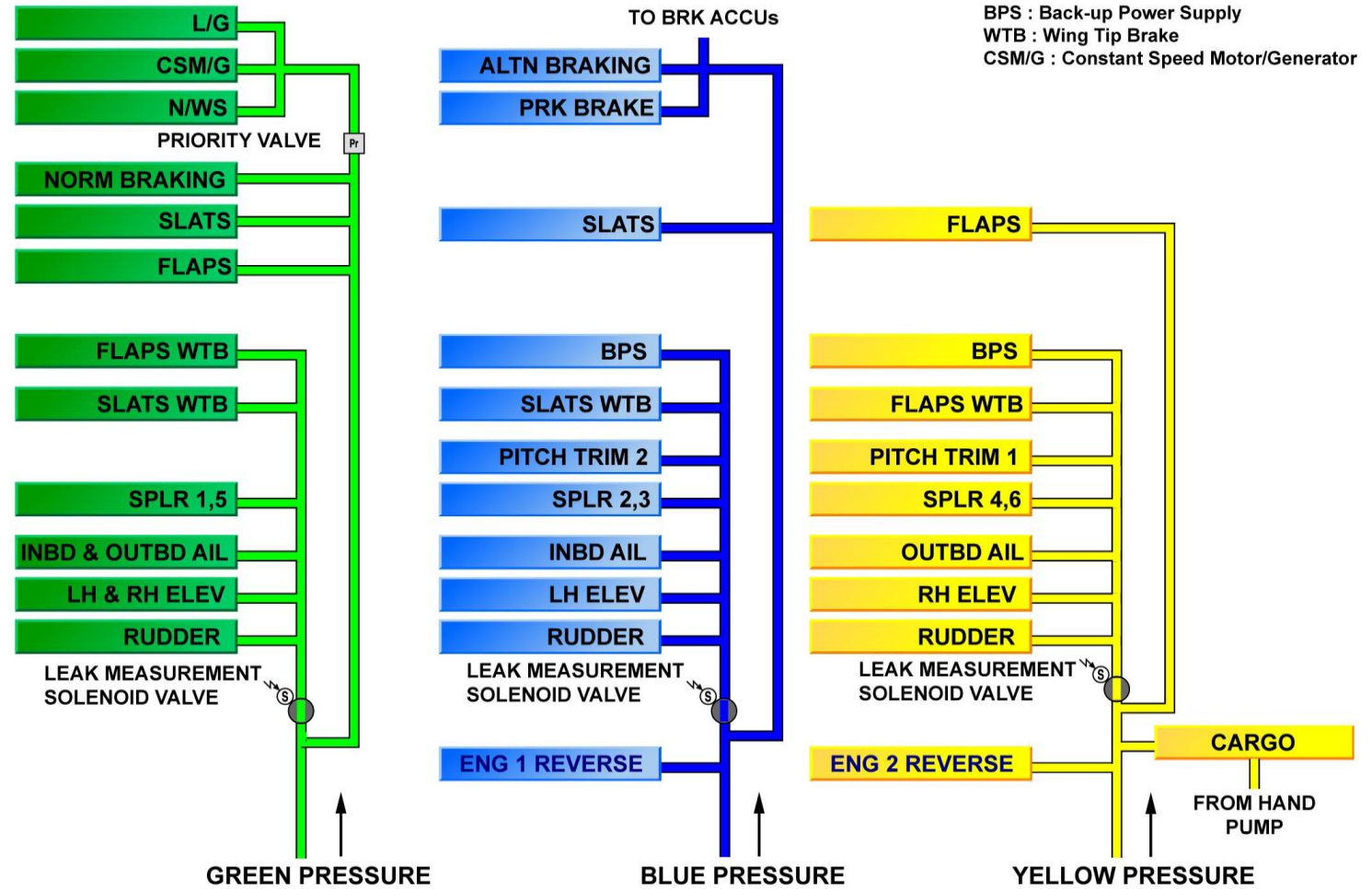
- Boeing 767
 - Esquema simplificado



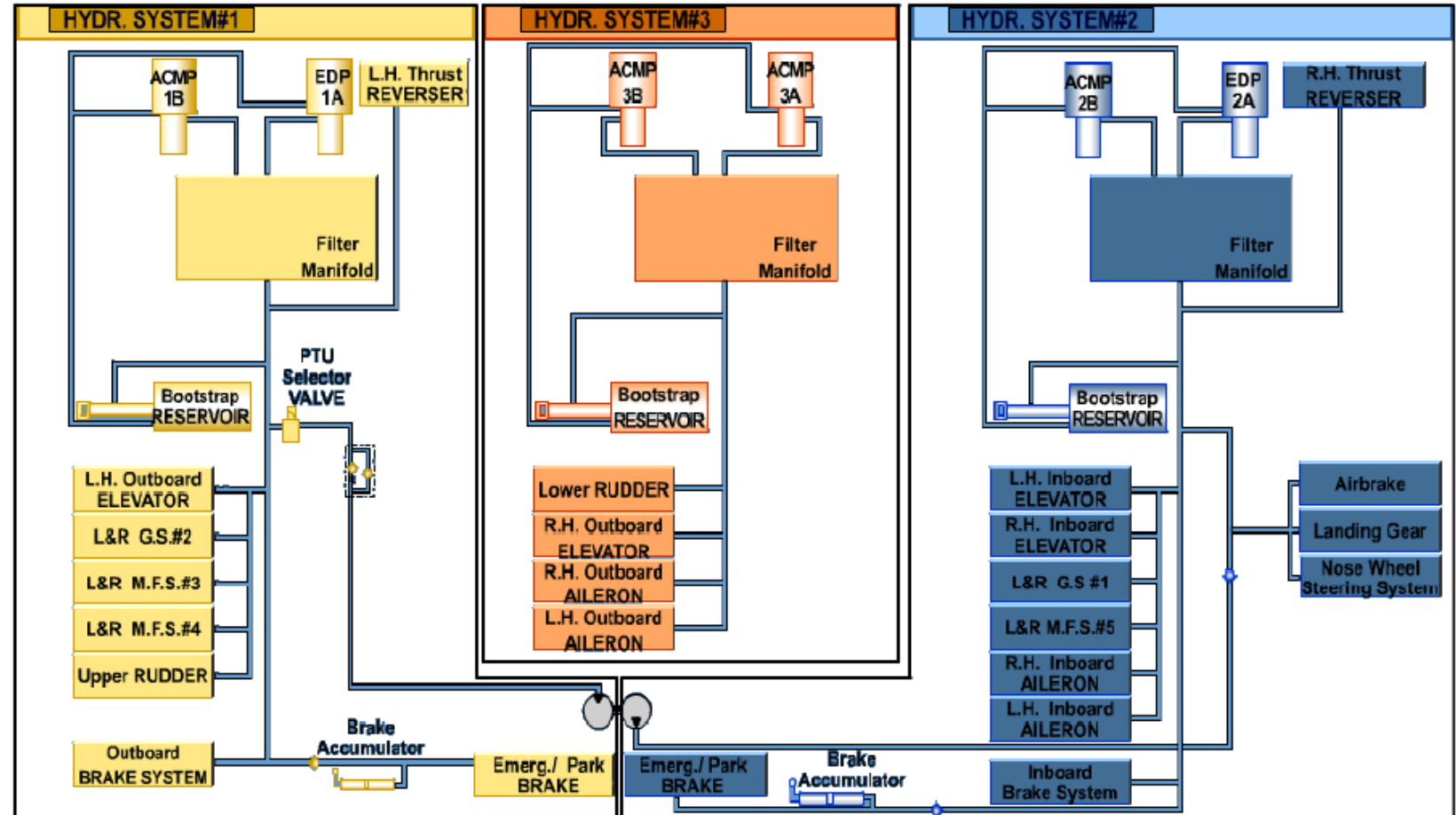
- Airbus A330
 - Esquema simplificado



- Airbus A330
 - Esquema simplificado



- Embraer 170
 - Esquema simplificado

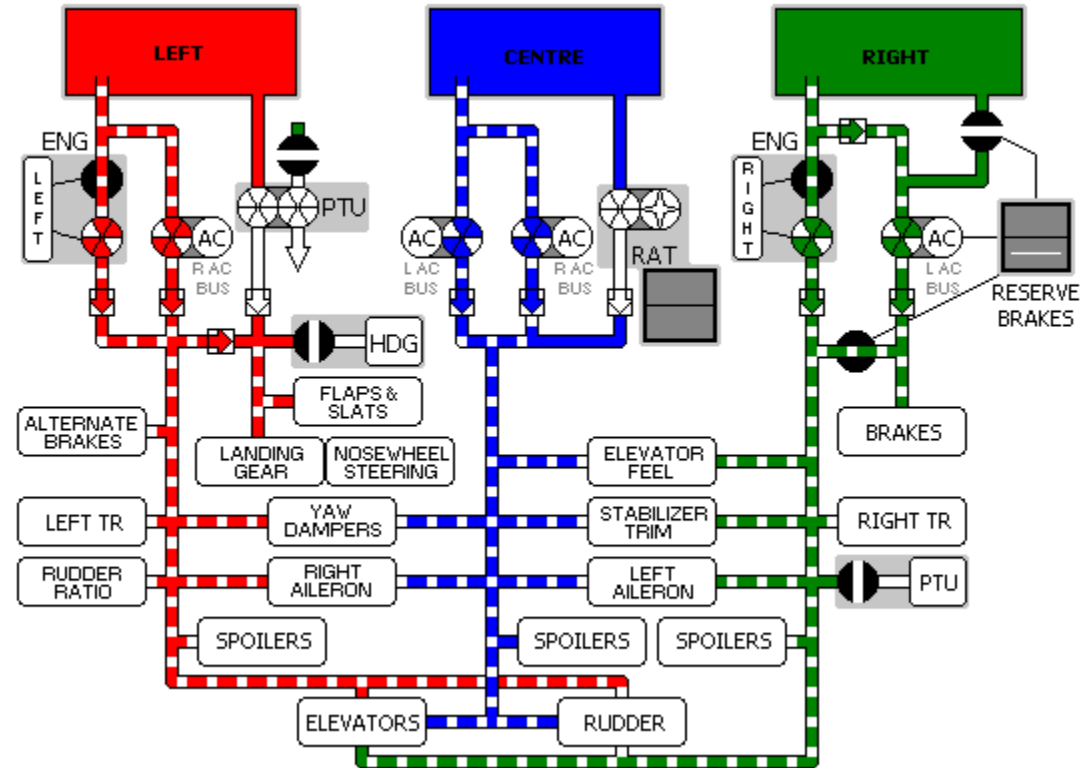


- Embraer 170
 - Esquema simplificado

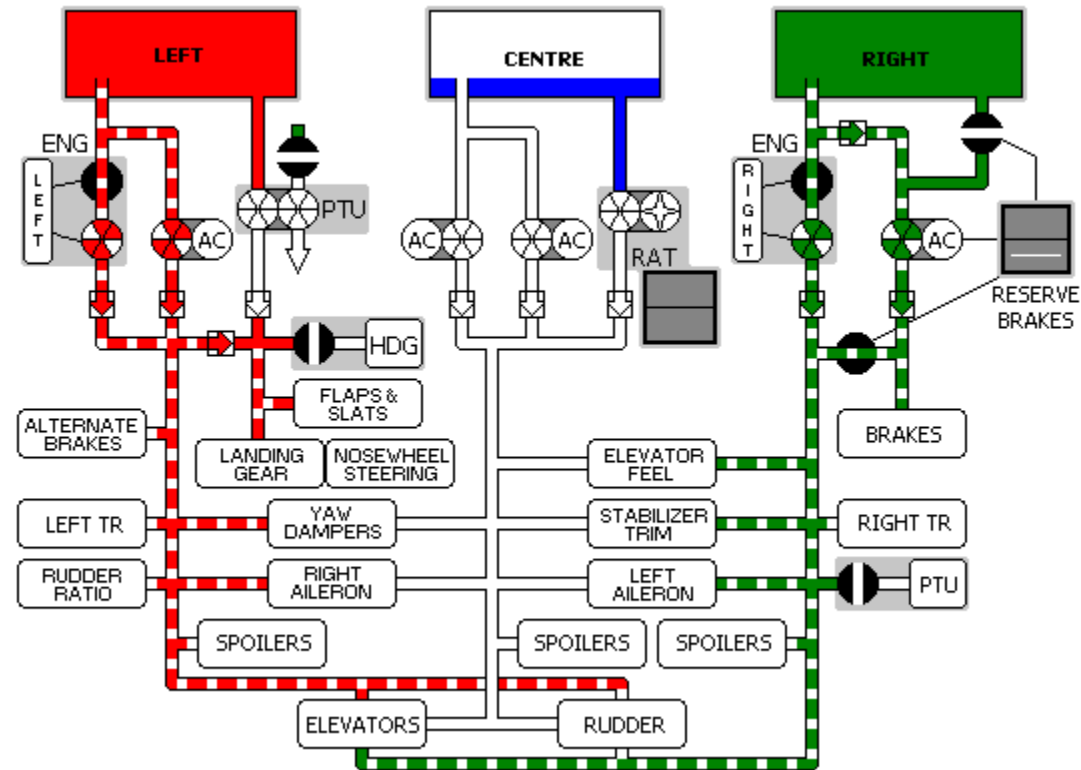


Localização dos Sistemas Hidráulicos

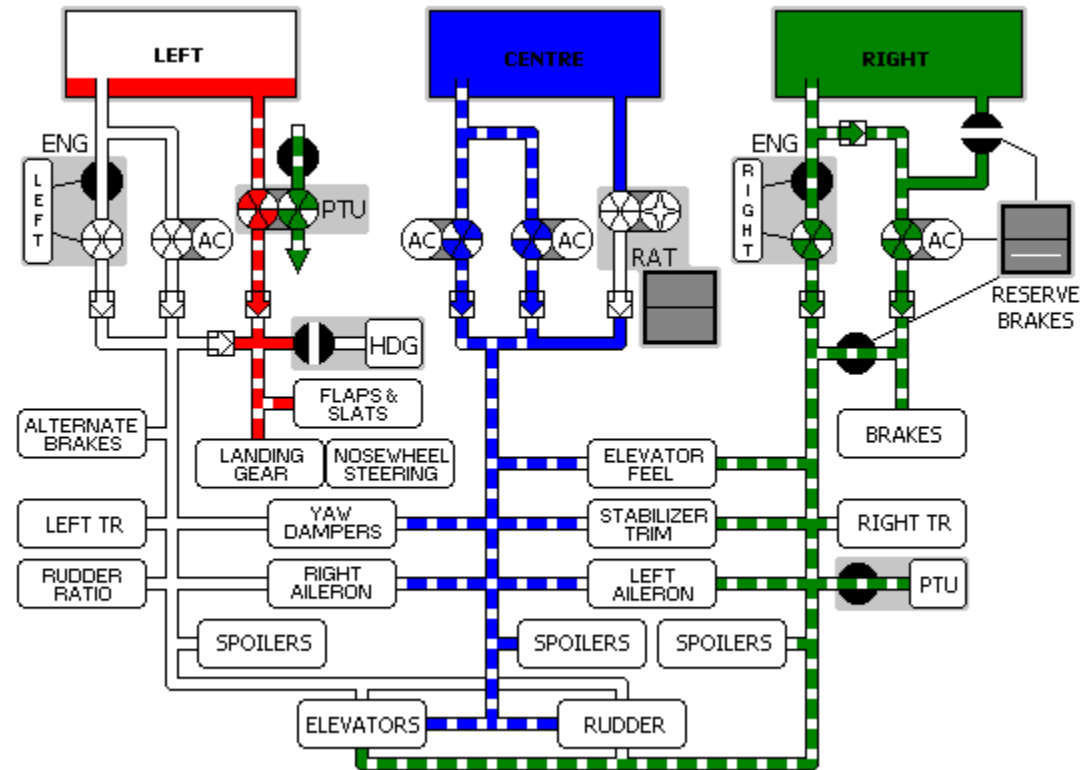
- Boeing 757
 - Funcionamento normal



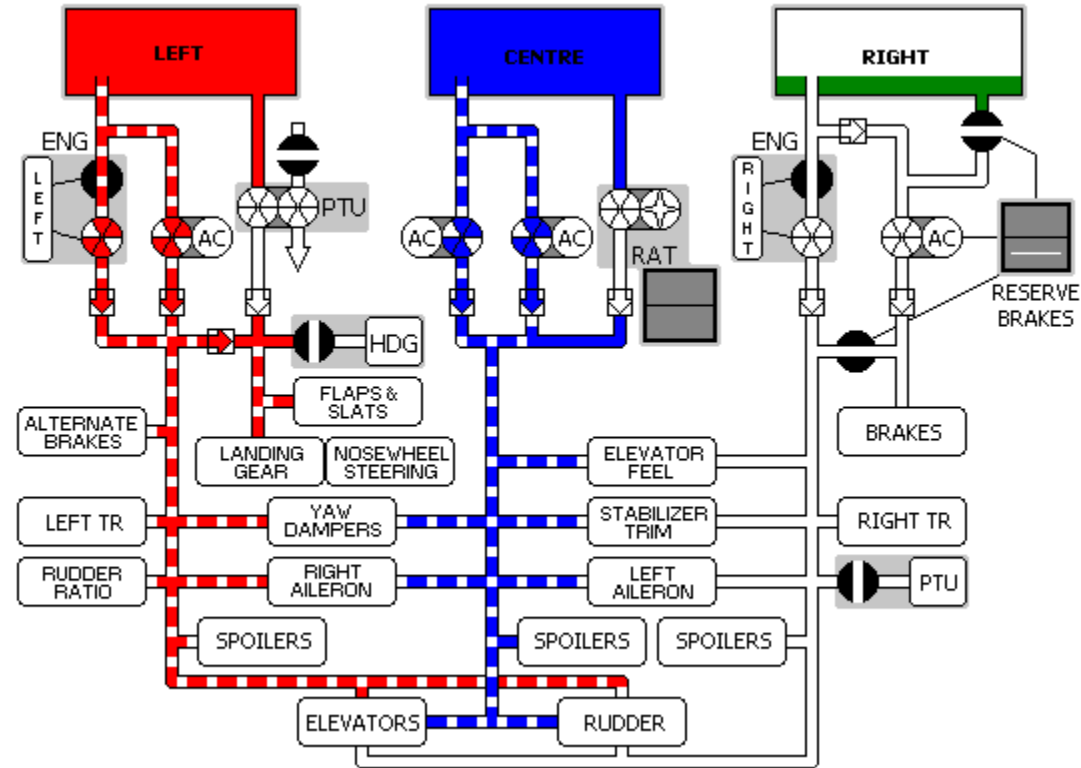
- Boeing 757
 - Vazamento do sistema central



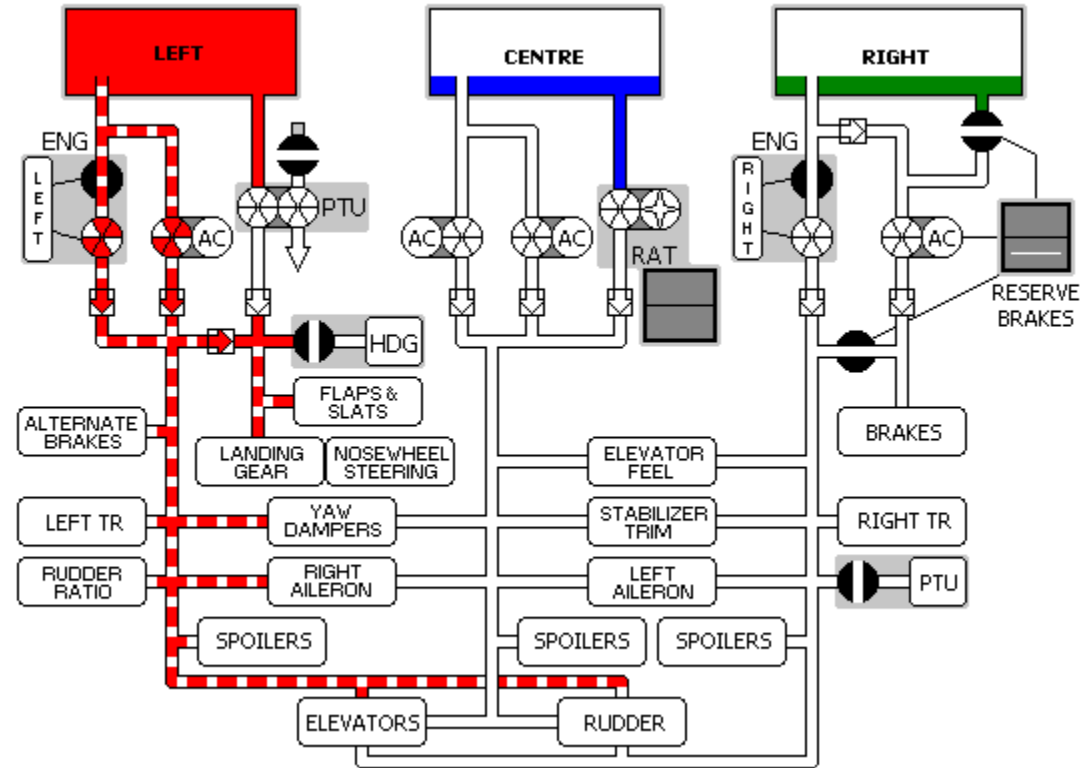
- Boeing 757
 - Vazamento do sistema esquerdo



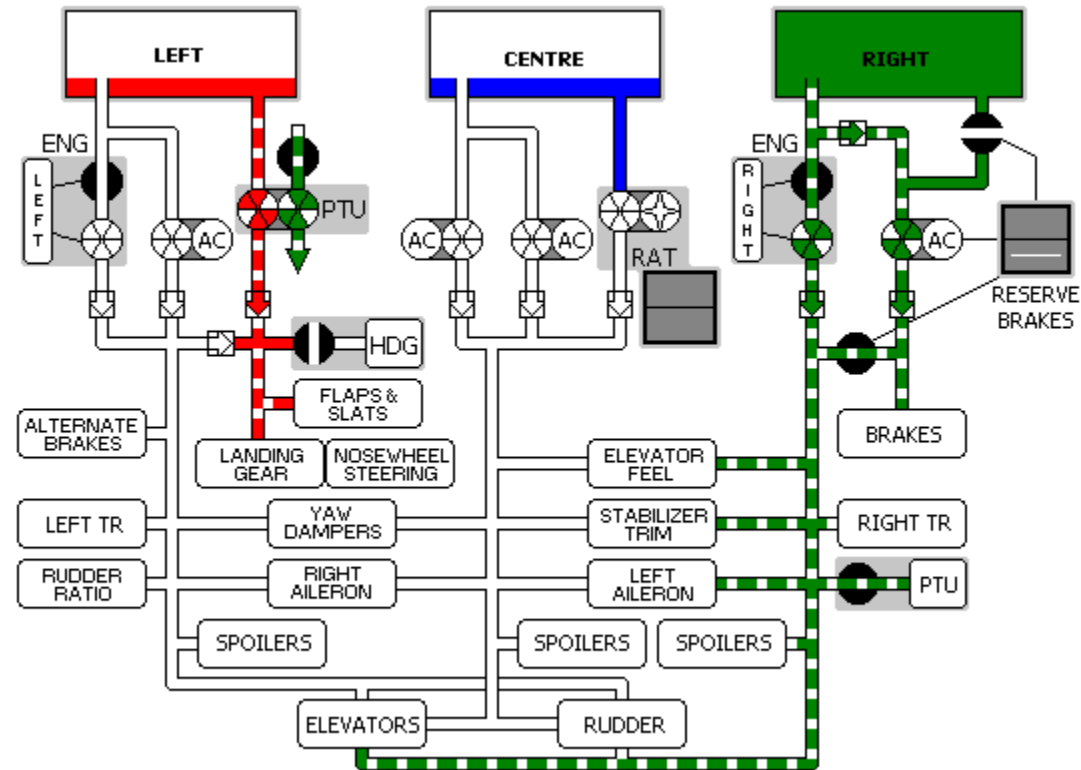
- Boeing 757
 - Vazamento do sistema direito



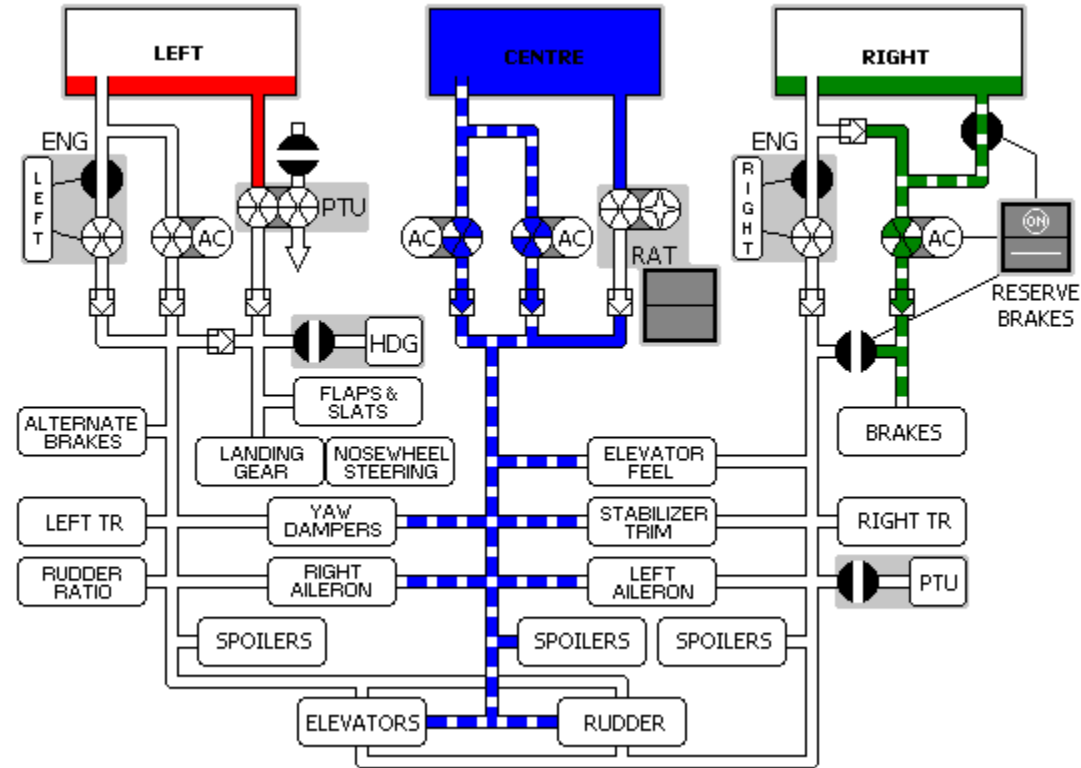
- Boeing 757
 - Vazamento dos sistemas direito e central



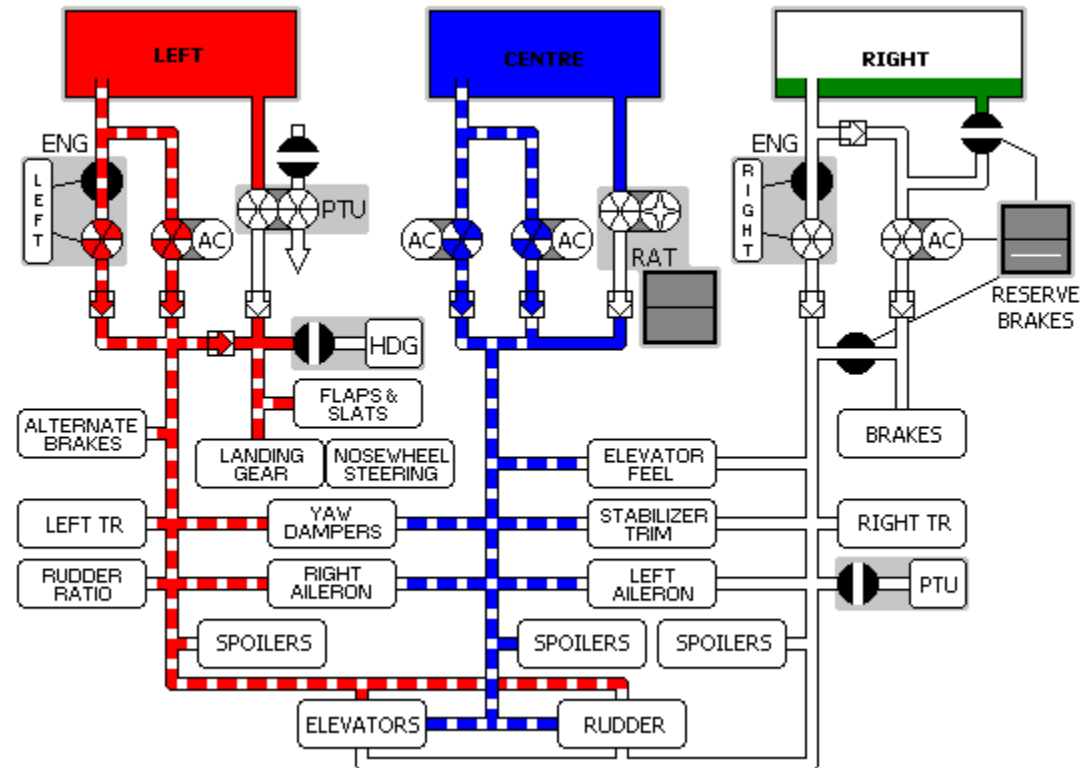
- Boeing 757
 - Vazamento dos sistemas esquerdo e central



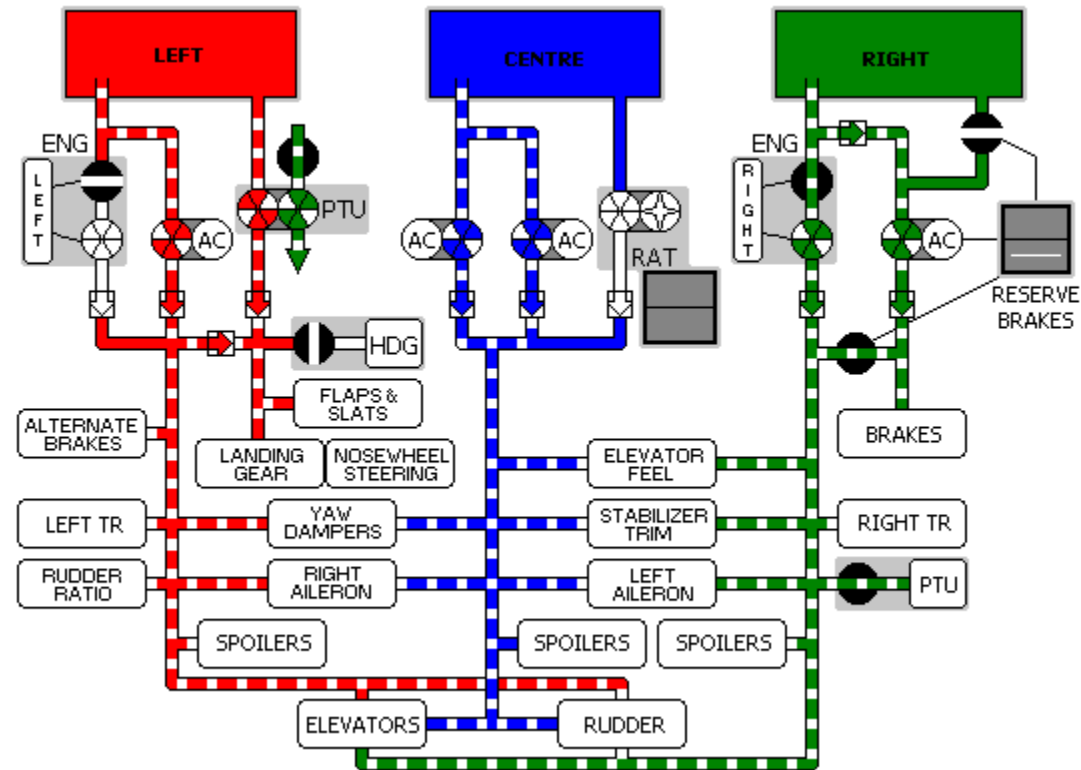
- Boeing 757
 - Vazamento dos sistemas esquerdo e direito



- Boeing 757
 - Falha do motor direito



- Boeing 757
 - Falha do motor esquerdo



- Boeing 757
 - Falha dos dois motores

