



Bases do curso

- **projeto de aeroporto** → **muitas especialidades**
 - projeções de demanda
 - demanda → requisitos de dimensionamento: passageiros, movimentos, aviões
 - requisitos → conceitos e plano de massa
 - planos gerais → projetos
- **poucas aulas (engenharia civil) → conceitos básicos (aeronáuticos)**
 - subsistemas de um aeroporto e fatores de dimensionamento
 - pesos de um avião e outros fatores que afetam o comprimento de pista
 - controle de tráfego aéreo e capacidade de pistas
 - plano diretor/localização, meteorologia aeronáutica, obstáculos
 - critérios de dimensionamento/geometria, pavimentos,
 - terminais de passageiros
- **avaliação (dois testes) - presença obrigatória - notas de aula**



Disponível no moodle

- [Avisos](#) Editar
- [Sumário de aulas](#) Editar
- [Aeroportos - textos complementares](#) Editar
- [Erros de portugues](#) Editar
- [ICAO - Carta da convenção](#) Editar
- [ICAO Anexo 14 - volume 1](#) Editar

[Adicionar uma atividade ou recurso](#)

[Tópico 1](#) Editar

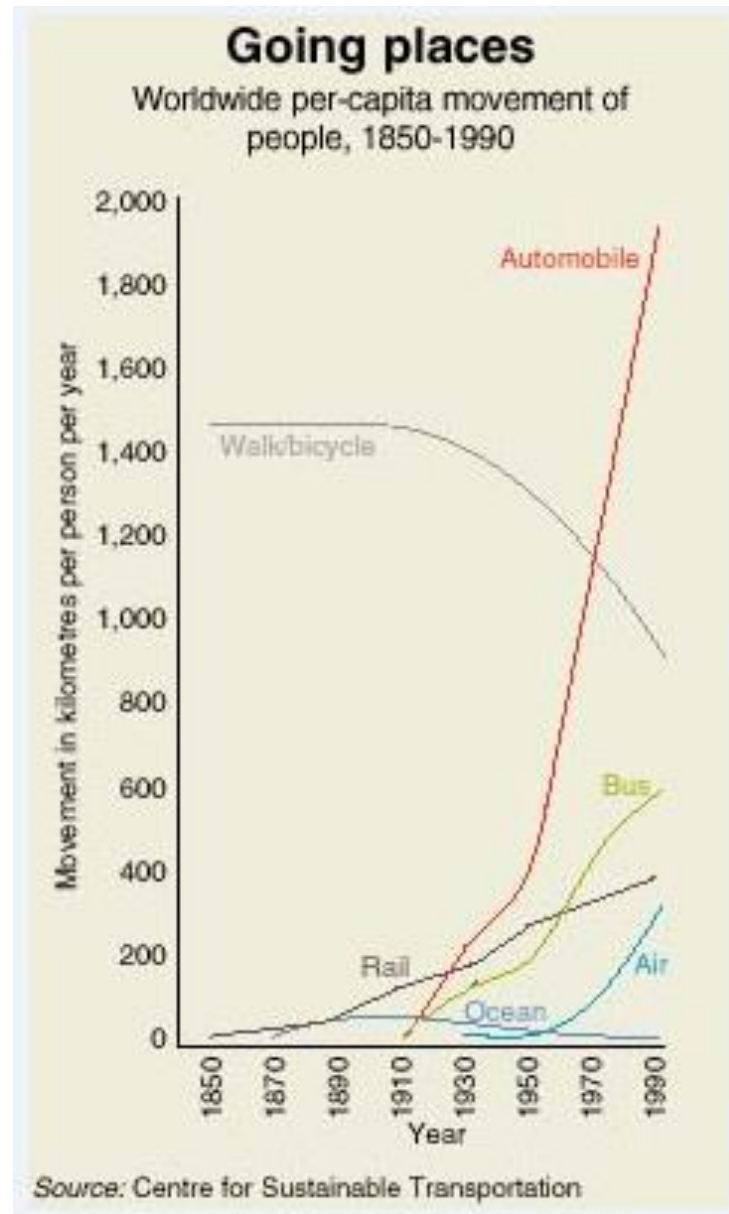
- [Aulas 1](#) Editar
Introdução - subsistemas - padronização - comprimento de pista
- [Aulas 2](#) Editar
Controle de tráfego aéreo (CTA) - Estudos de capacidade - Capacidade de pistas
- [Aulas 3](#) Editar
Planejamento aeroportuário, meteorologia aeroportuárias, obstáculos - Dimensionamento geral de aeroportos - Critérios dimensionais - Helicópteros e helipontosheli/portos
- [Aulas 4](#) Editar
Terminais de passageiros (TPS): tipos, dimensionamento, estacionamento de aviões



Evolução de nossos meios de transporte

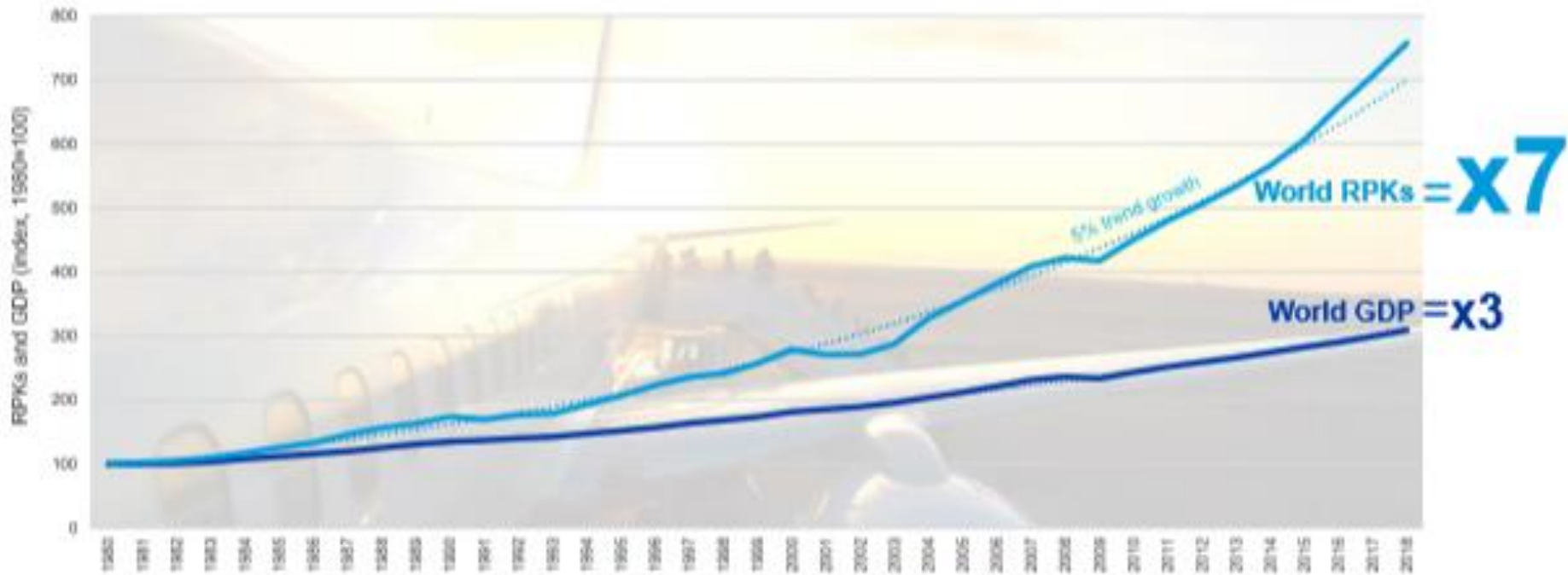
Distâncias percorridas por passageiros, em vários modais

- caminhar & bicicleta
- automóveis
- ônibus
- trilho
- marítimo
- aéreo





TrAer mundial



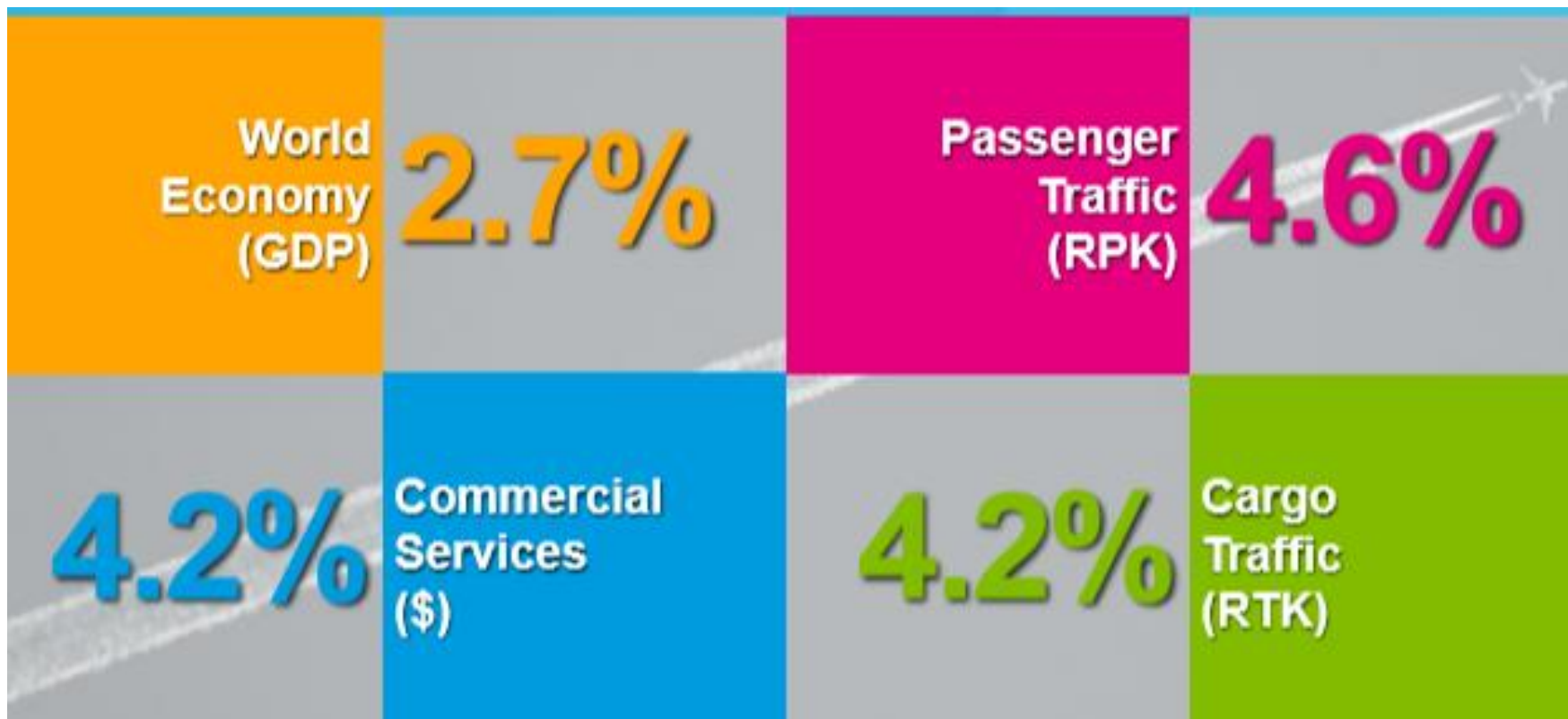


TrAer mundial



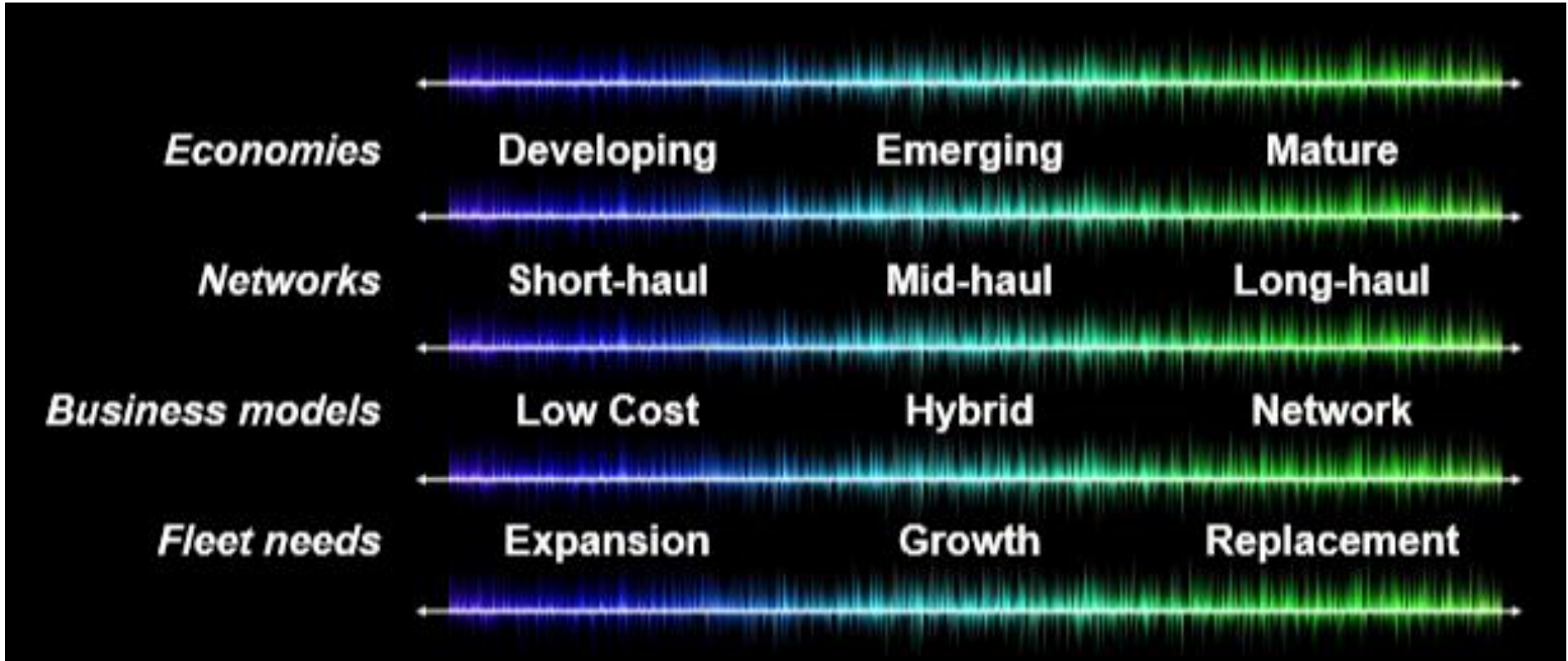


TrAer mundial



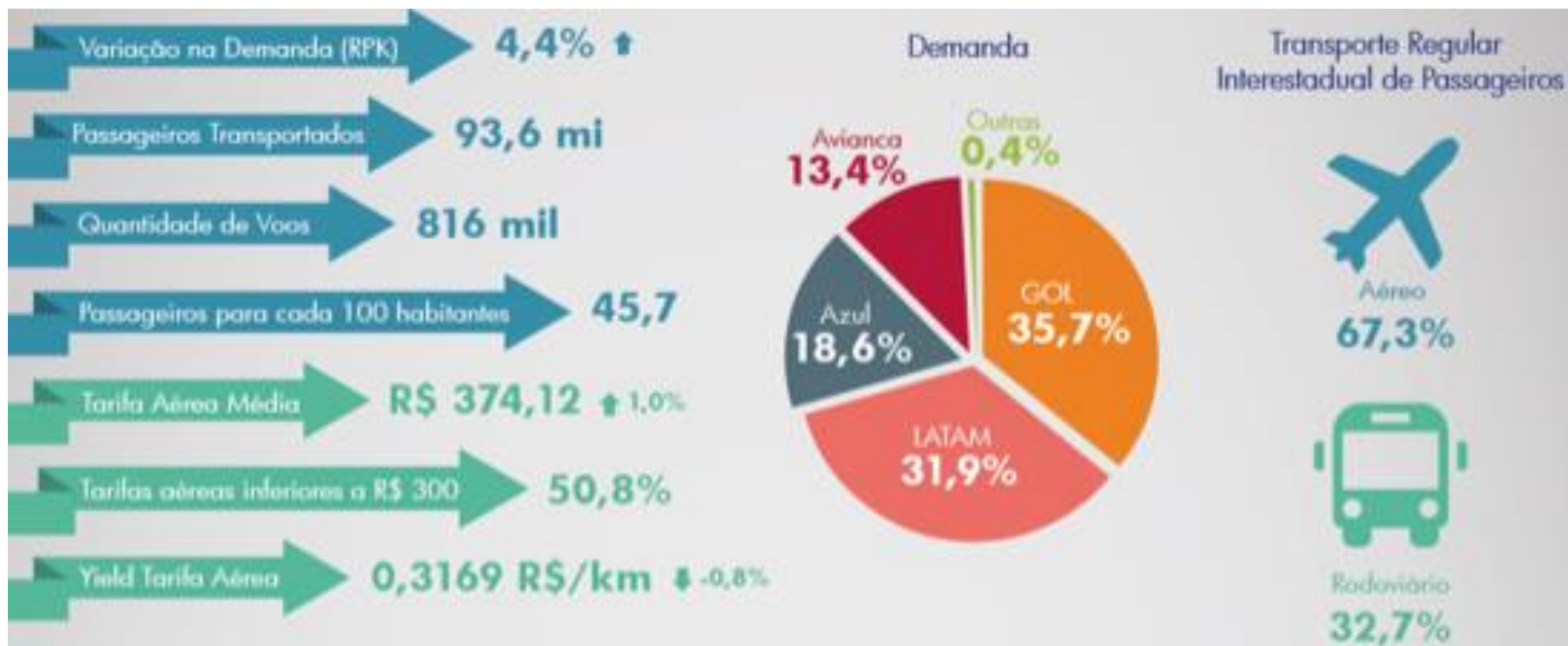


TrAer mundial – diversidade dos mercados





Brasil – mercado doméstico em 2018





Brasil – frota de aeronaves

	2015	2016	2017	2018	2019
Total Aeronaves Registradas	21.789	21.905	22.009	22.189	22.219
Total (sem PET/PEX)	16.631	16.397	16.421	16.528	16.554

Distribuição por categoria de registro

Experimentais (PET/PEX)	5.158	5.508	5.588	5.661	5.665
Privado (TPP)	9.971	10.019	10.164	10.342	10.360
Transporte Público Não-Regular - Táxi Aéreo (TPX)	1.543	1.479	1.395	1.358	1.358
Transporte Aéreo Público Regular, Doméstico ou Internacional (TPR)	700	650	643	635	640
Instrução privada (PRI)	1.934	1.915	1.880	1.811	1.812
Outras categorias	2.483	2.334	2.339	2.382	2.384



Aeroportos e países

Brasil

576 aeródromos públicos

2.114 aeródromos privados

2.690 totais

anac.gov.br

Posto	País	Aeroportos
1	Mundo	49.024
2	 Estados Unidos	15.014
3	 Brasil	4.276
4	 México	2.000
5	 Rússia	1.971
6	 Argentina	1.959
7	 Canadá	1.337
8	 Colômbia	1.201
9	 Bolívia	1.084
10	 Paraguai	881
11	 África do Sul	731
12	 Indonésia	662
13	 Papua-Nova Guiné	582
14	 Alemanha	554
15	 Ucrânia	499
16	 China	486
17	 França	477
18	 Reino Unido	471



Brasil – resultado financeiro das empresas nacionais em 2018





- 1. Introdução**
- 2. Nomenclatura de pistas**
- 3. Subsistemas de um sistema aeroportuário**



**O que é um aeroporto,
em sua **essência**?**

local de transferência
de passageiros e cargas
entre modais de transporte,
um deles normalmente sendo o aéreo



**Quanto tempo dura uma viagem aérea,
de São Paulo à Belo Horizonte?**



etapas e tempos a serem considerados

- 1. Poli → Guarulhos (GRU)**
- 2. tempo em Guarulhos (GRU)**
- 3. vôo GRU – Confins (CFN)**
- 4. tempo em CFM**
- 5. CFN → Belo Horizonte (BHZ)**



1. Poli → Guarulhos – GRU **1,5 h**
2. tempo em Guarulhos – GRU **1,0 h**
3. voo GRU → Confins – CFM **0,7 h**
4. tempo em CFM **0,5 h**
5. CFM → Belo Horizonte – BHZ **1,0 h**

$$\text{tempo de voo/total } 0,7 / 4,7 = \mathbf{15\%}$$



Como engenheiros, como **melhorar** este deslocamento total porta-à-porta?

acessos/egressos melhores **tempo e conforto**

tempo **vias exclusivas, outros modais**

conforto **veículos confortáveis**

aeroportos melhores **tempo e conforto**

tempo **distâncias menores, processos rápidos**

conforto **nas áreas de espera**

voos mais rápidos **CTA**

processos que agilizem os procedimentos de tráfego aéreo

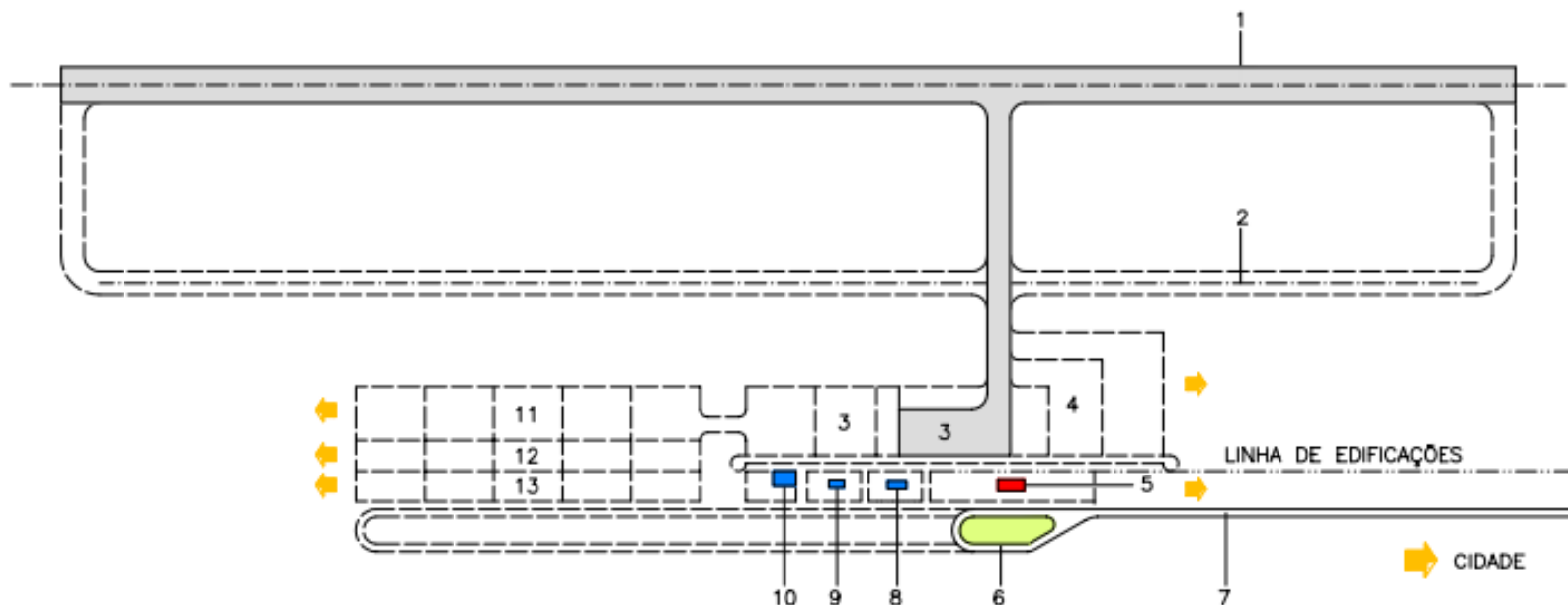


Aeroporto de Congonhas





Partes de um aeroporto português



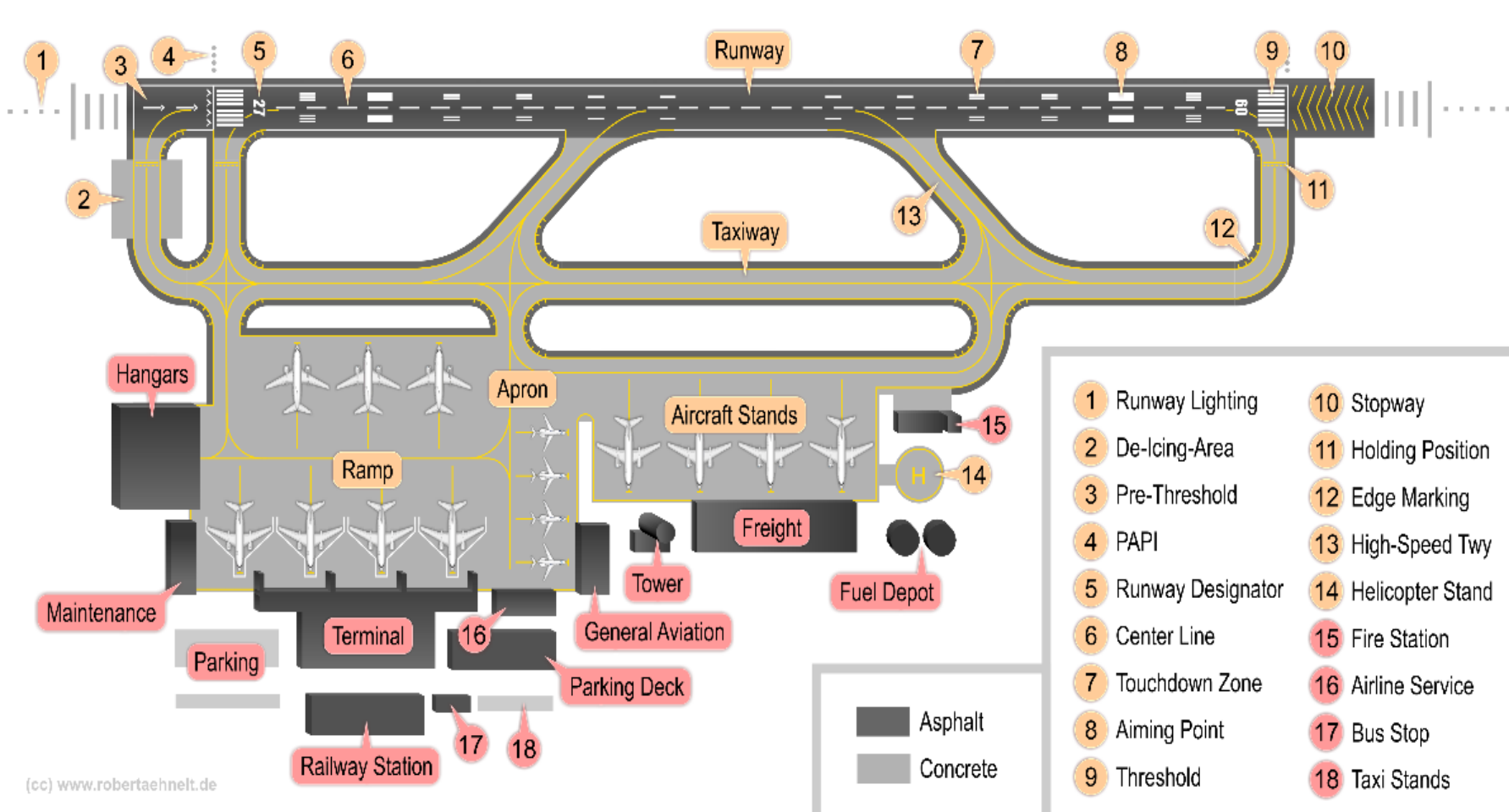
LEGENDA

- 1—PISTA DE POUSO E DECOLAGEM
- 2—PISTA DE ROLAMENTO
- 3—PÁTIO DE MANOBRAS DA AVIAÇÃO GERAL
- 4—PÁTIO DE MANOBRAS DE AVIAÇÃO REGULAR
- 5—TEPAX
- 6—ESTACIONAMENTO DE VEÍCULOS
- 7—ACESSO VIÁRIO
- 8—NPV
- 9—SECINC
- 10—POSTO DE ABASTECIMENTO DE AERONAVES
- 11—ÁREA DE ESTADIA
- 12—PÁTIO DE HANGARES
- 13—LINHA DE HANGARES

Figura 6.1 - MODELO DE AEROPORTO BÁSICO



Partes de um aeroporto ingles



(cc) www.robtaehnel.de



Aeroporto de Congonhas





Aeroporto Santos Dumont parte aérea → aeródromo





Aeroporto de Brasília





Nomenclatura de pistas





Nomenclatura de pistas





Nomenclatura de pistas





Nomenclatura de pistas

aeroporto Logan – Boston





Nomenclatura de pistas

aeroporto de Congonhas



cabeceiras próximas da Rubem Berta – Washington Luis



Nomenclatura de pistas

aeroporto Midway - Chicago





Nomenclatura de pistas

número na cabeceira de uma pista
visível para quem o piloto que nela aterriza

→ orientação magnética da pista ($\times 10^{-1}$)

Nota: a diferença entre a orientação magnética e a verdadeira é a declinação magnética → uma pista norte-sul 18-36 em local com declinação magnética 20° oeste seria 16-34 se a declinação fosse 0°



Aeroporto como sistema

composto por vários subsistemas

transporte aéreo multimodal na essência



Aeroporto como sistema





Aeroporto como sistema





Aeroporto como sistema



O que vemos?



Subsistema de acesso e egresso



ligação Dutra (BR-116) e Ayrton Senna (SP-70) com GRU

→ rodovia Helio Smidt (SP-19) ~ 7 km de extensão

2 faixas por sentido com capacidade de 22k veic/h



Subsistema de acesso e egresso & vias internas

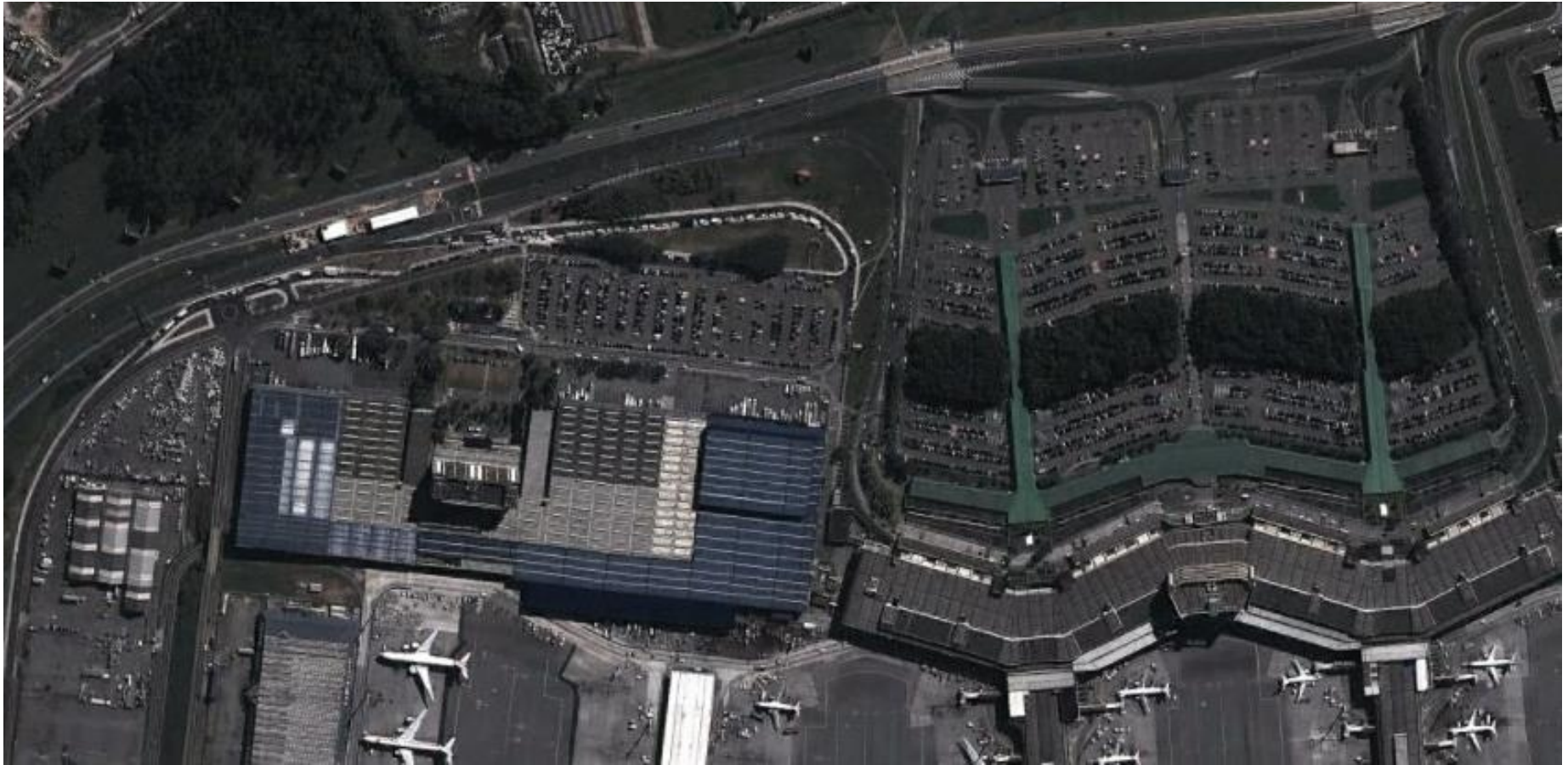


caracterizado por
capacidade

número de faixas de circulação (e comprimento)
quantidade de veículos trafegando na hora pico



Subsistema estacionamento veículos terrestres

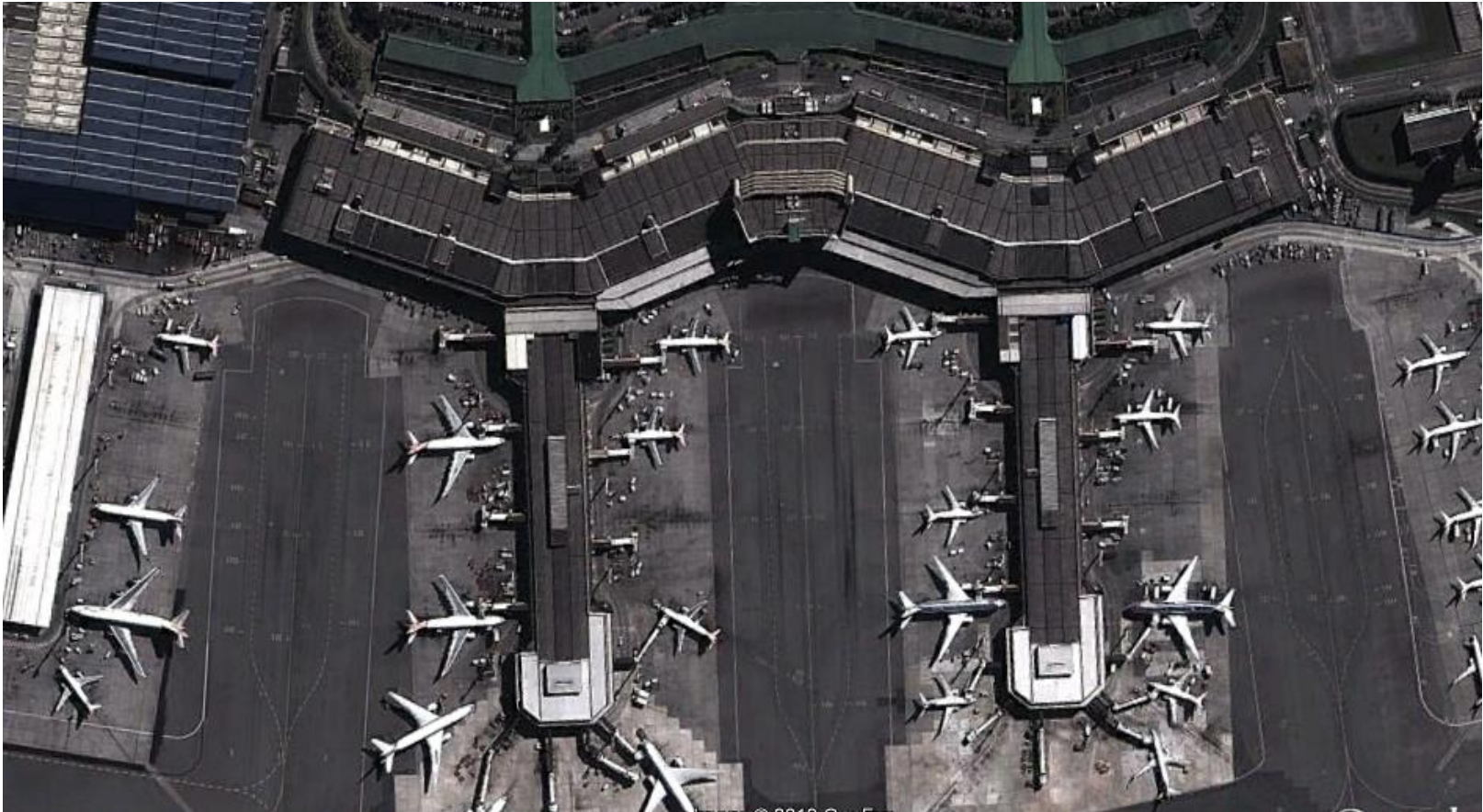


caracterizado por
capacidade

área
quantidade de veículos parados ao mesmo tempo



Subsistema terminal de passageiros



caracterizado por
capacidade
depende

área
quantidade de pessoas na hora pico
área e quantidade de pessoas/área (conforto)



Subsistema pátio estacionamento de aviões

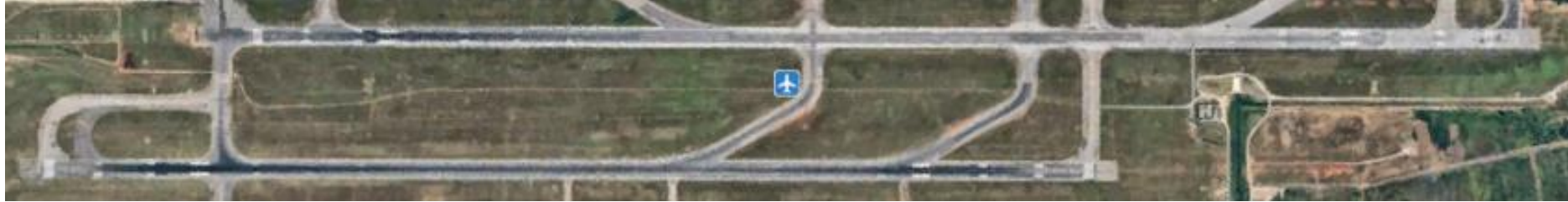


caracterizado por
capacidade
depende

área
quantidade de aviões parados na hora pico e dos
área e tamanhos dos aviões



Subsistema pista(s)



caracterizado por

- quantidade de pistas (número) = $f(\text{movimentos/hora}^* + \text{ventos})$
- comprimento (m) = $f(\text{tipo de avião} + \text{peso do avião} + \text{condições ambientais} + \text{requisitos de segurança})$
- orientação ($^\circ$ magnéticos) = $f(\text{ventos} + \text{topografia})$
- espessura (cm) = $f(\text{frequência uso, carga solo, resistência piso})$

* – capacidade



Subsistema de pistas de taxi (*taxiways*) caminhos de circulação



caracterizado por capacidade quantidade de acessos/saídas de pista e comprimento
quantidade de movimentos na hora pico



Subsistemas de um sistema aeroporto **caracterização** - dimensionamento

- acesso/egresso **nº de faixas de circulação - (m)** veículos na hora-pico *
- estacionamento de veículos **m²** veículos parados simultaneamente *
(tarifas – alternativas de transporte – distância)
- terminal de passageiros **m²** pessoas (pax+acomp+func) na hora-pico * – pessoas/m²
- pátio de aeronaves **m²** aviões parados simultaneamente *
tipos de aviões (dimensões dos vários aviões estacionados)
- *Taxiways* **saídas e acessos da(s) pista(s)** movimentos na hora-pico
- pista(s) comprimento **m** tipo de avião crítico – peso – meteorologia/ambiente – segurança
- espessura **m** frequência de uso – carga no solo – resistência do solo
- quantidade **u** movimentos na hora-pico * – ventos
- orientação **º mag** ventos – obstáculos à volta da pista (topografia)

* – capacidade



Aeroporto de Guarulhos – GRU



→ aviões estacionados em posições próximas (com ponte de embarque)



Atendimento Fokker F-100 em posição remota



- SEM ponte de embarque
- notar a quantidade de veículos e de equipamentos de apoio que permitem diminuir o tempo em solo para que o avião possa voar (e faturar) mais



Atendimento Airbus A 320 em posição próxima



- **COM** ponte de embarque
- **muitos** veículos e de equipamentos de apoio para diminuir o tempo em solo



Aeroporto de Congonhas – CGH



**totalmente cercado pela cidade, e em área residencial
com duas pistas que não permitem operações independentes por estarem próximas**



Aeroporto de Viracopos – VCP



com área para expansão



Aeroporto de Viracopos – VCP





Aeroporto do Galeão – GIG (Rio de Janeiro) – Tom Jobim



com duas pistas não paralelas, mas com operações pouco dependentes pelo sentido preferencial (divergente)



Aeroporto de Recife – REC (Guararapes)



Aparentemente há duas pistas cruzadas; na realidade, há apenas uma, uma vez que a outra foi fechada (pouco usada e por não aumentar a capacidade do aeroporto em operações de aeronaves maiores)



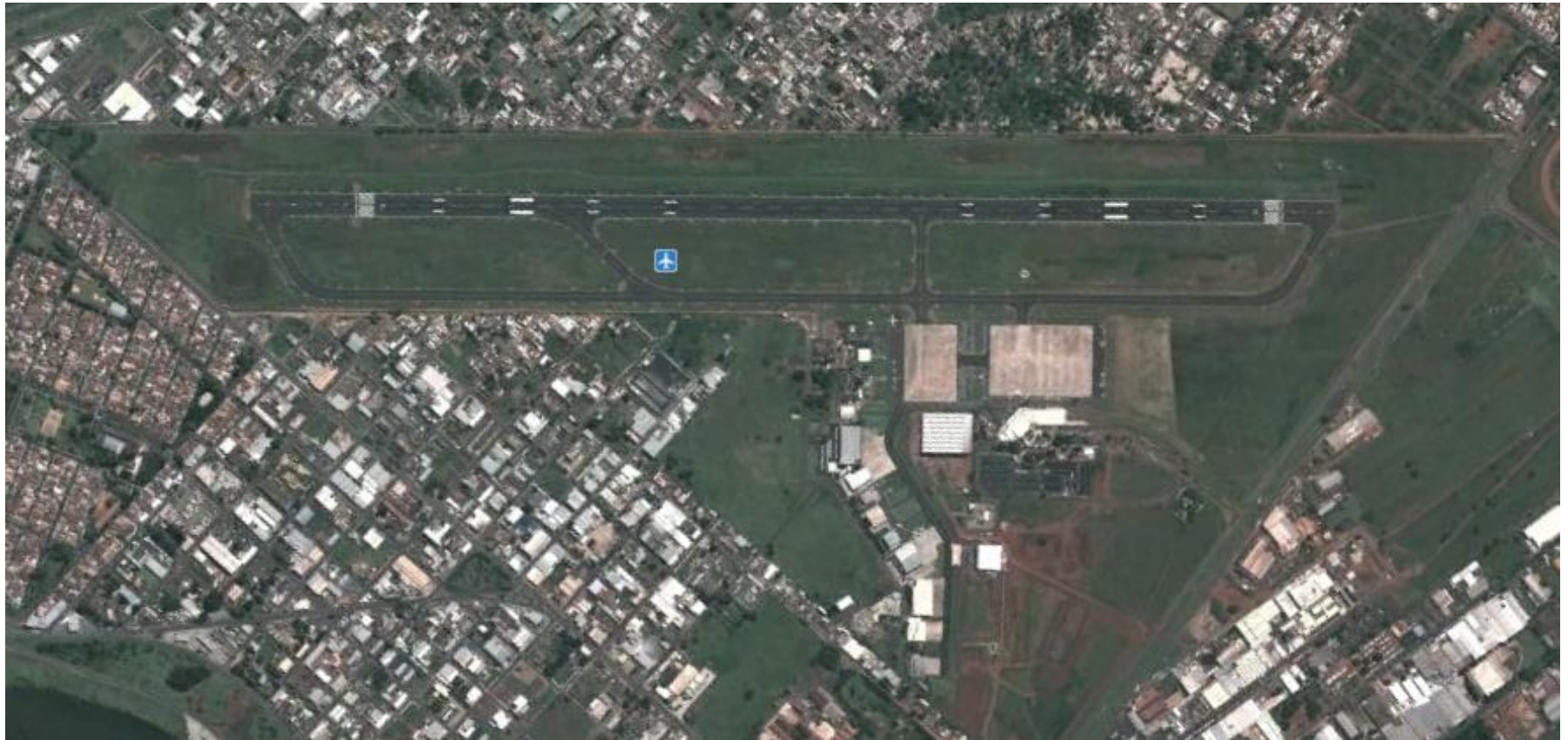
Aeroporto de Brasília – BSB (Tancredo Neves)



com duas pistas de operação independente; é o único aeroporto brasileiro com esta configuração, e o de maior capacidade



Aeroporto de Ribeirão Preto – RAO (Leite Lopes)



cercado pela cidade, com muito pouca área para expansão



Aeroporto de Salvador – SSA (Dois de Julho)



Com duas pistas dependentes

quando houver aterragens na pista maior (da esquerda para a direita), a pista menor não pode ser usada



Aeroporto de O'Hare – ORD (Chicago) Orchard Field (nome original)



**identifique as setes pistas: tres pares de pistas paralelas, e mais uma
identifique-as e veja qual o sentido do vento predominante**



Aeroporto de Midway – MDW Chicago



cinco pistas



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Aeroportos e Transporte Aéreo

Aeroporto de La Guardia – LGA New York





Aeroporto de Atlanta – ATL (Hartsfield – Jackson)



quantas pistas?



Aeroporto de Roissy - Charles de Gaulle – CDG (Paris)



dois tipos de terminais de passageiros



Aeroporto de Gatwick – LGW (Londres)



Formalmente com duas pistas, mas apenas uma é usada: a que fica abaixo é a pista principal, e a outra é um *taxiway* usado como pista quando a principal está inoperante



Aeroporto de Araçatuba – ARU

Dario Guarita



Áreas livres para quaisquer expansões → o importante é que a prefeitura proteja o entorno da área aeroportuária para evitar obstáculos e uso residencial



Os nossos aeroportos – visão anterior à Copa





Os nossos aeroportos – visão posterior à Copa





Os nossos “aeroportos” – uma visão de garimpo





Padrões & procedimentos recomendados

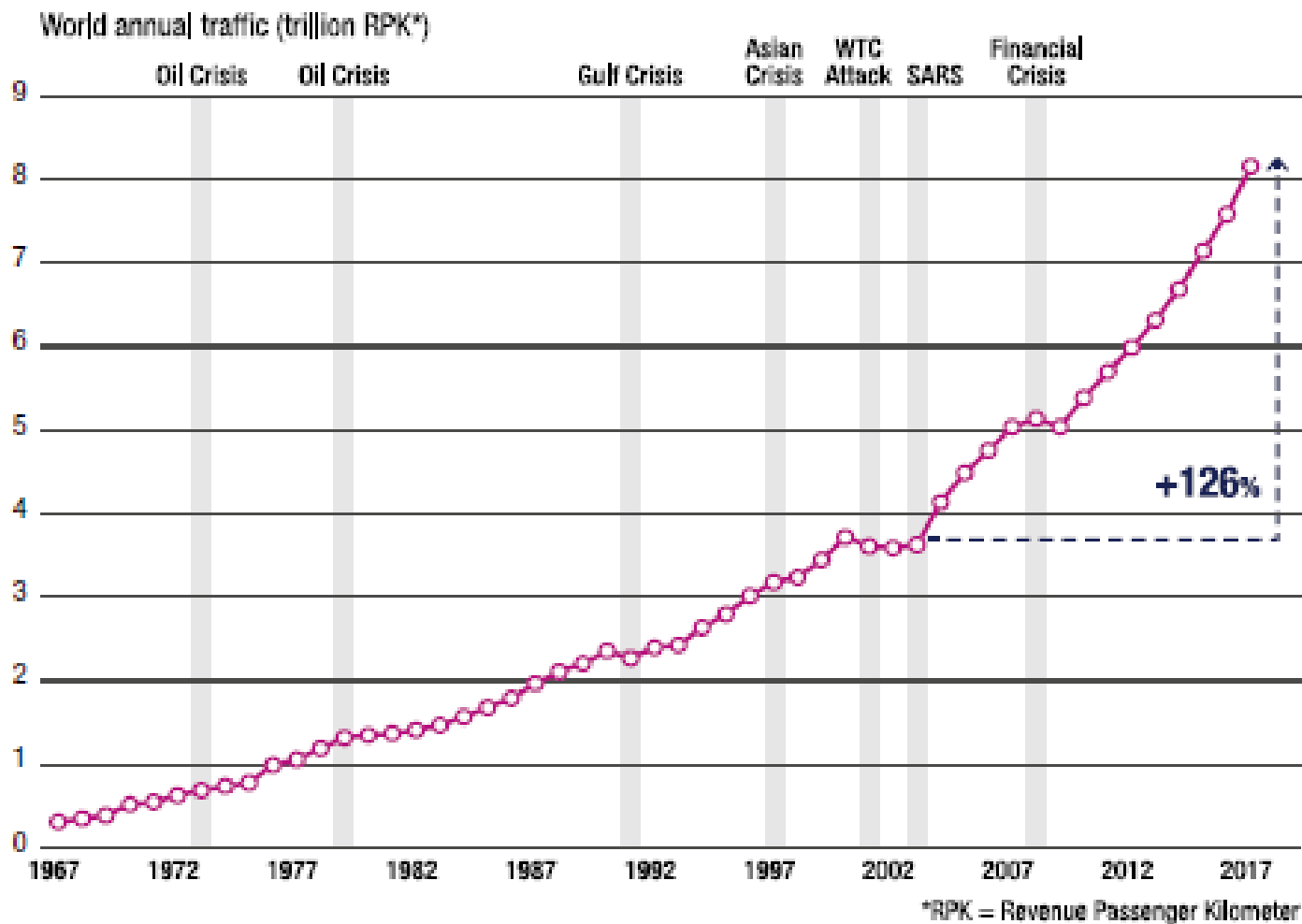




A padronização no transporte aéreo

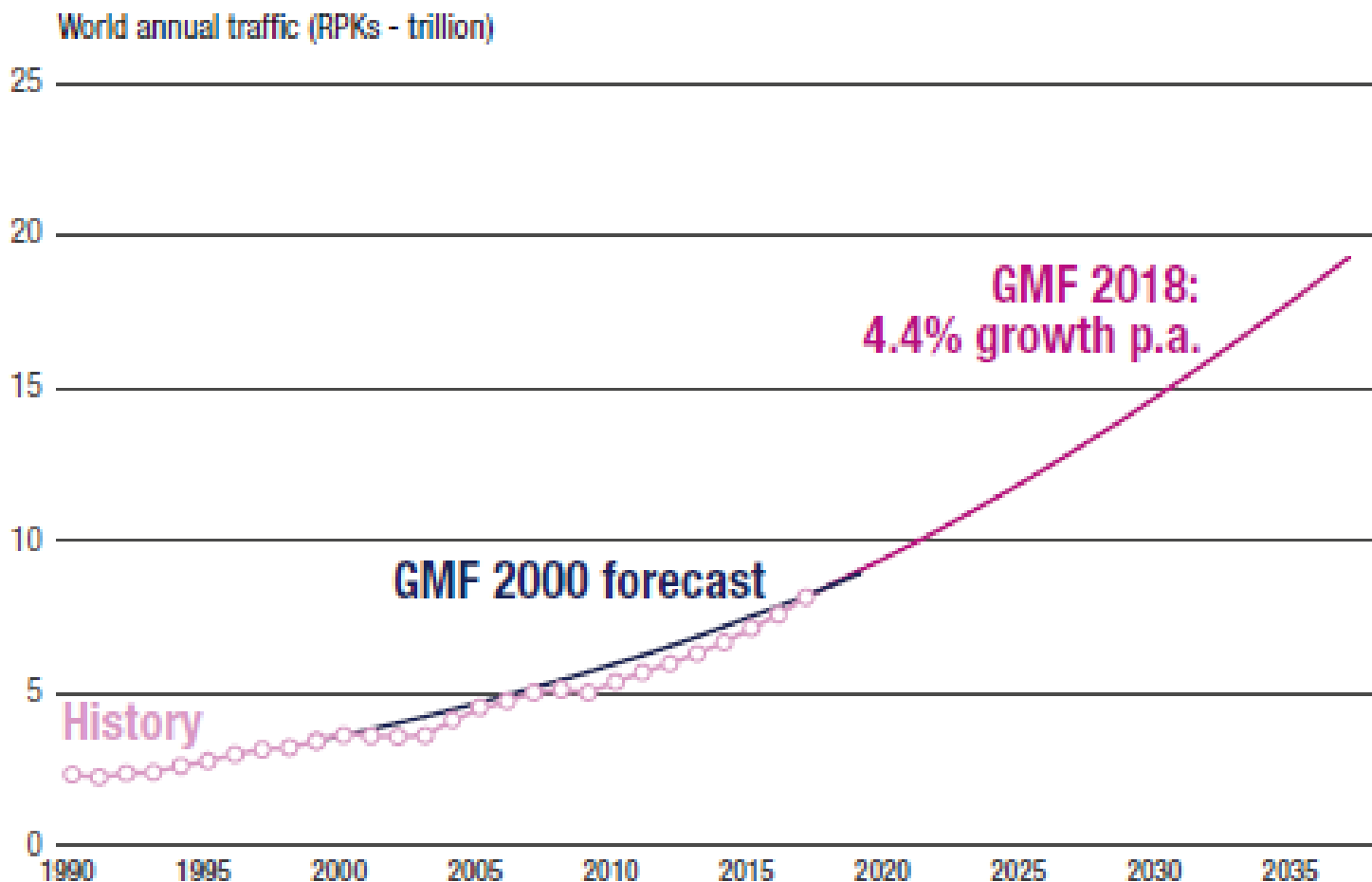


Transporte aéreo no mundo – histórico





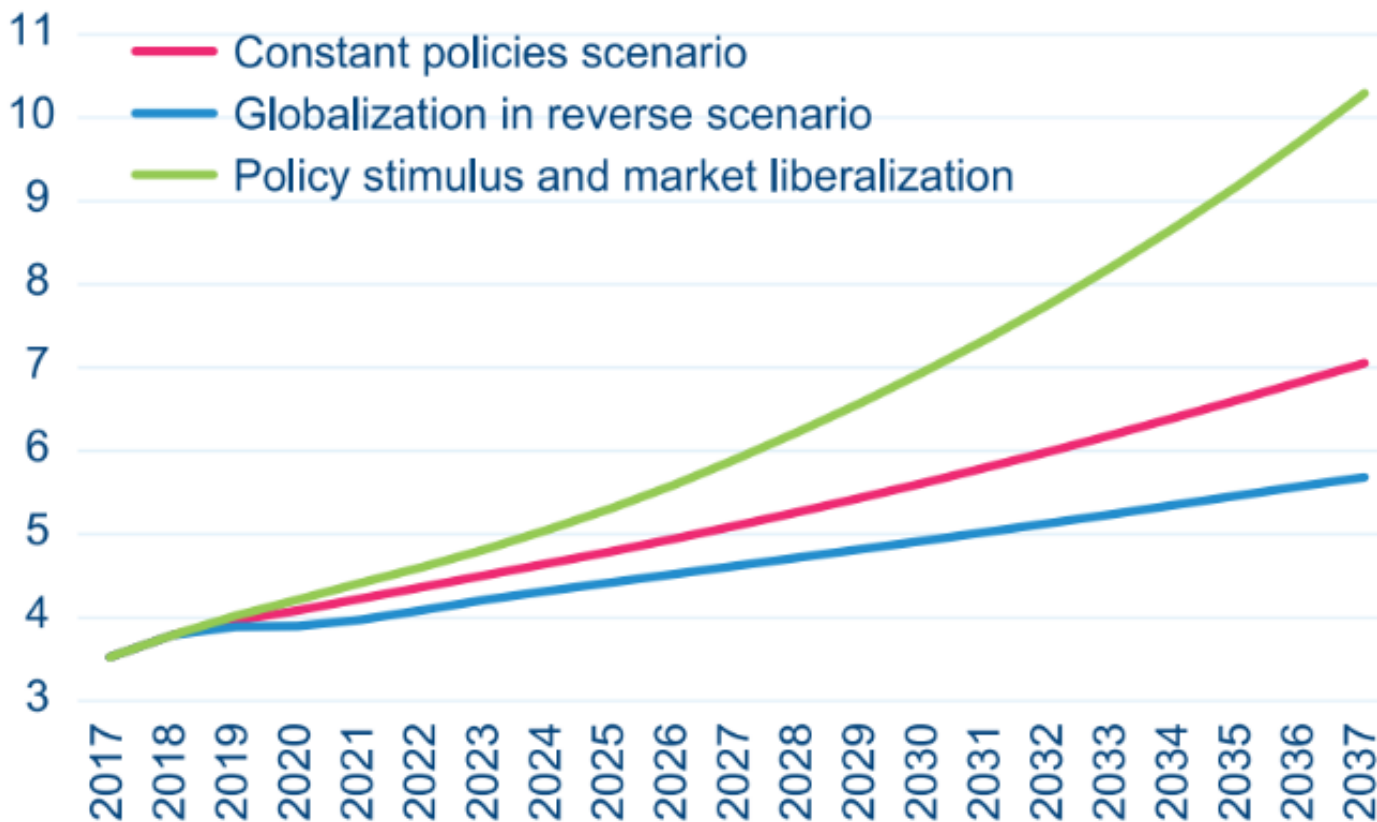
Transporte aéreo no mundo – previsão





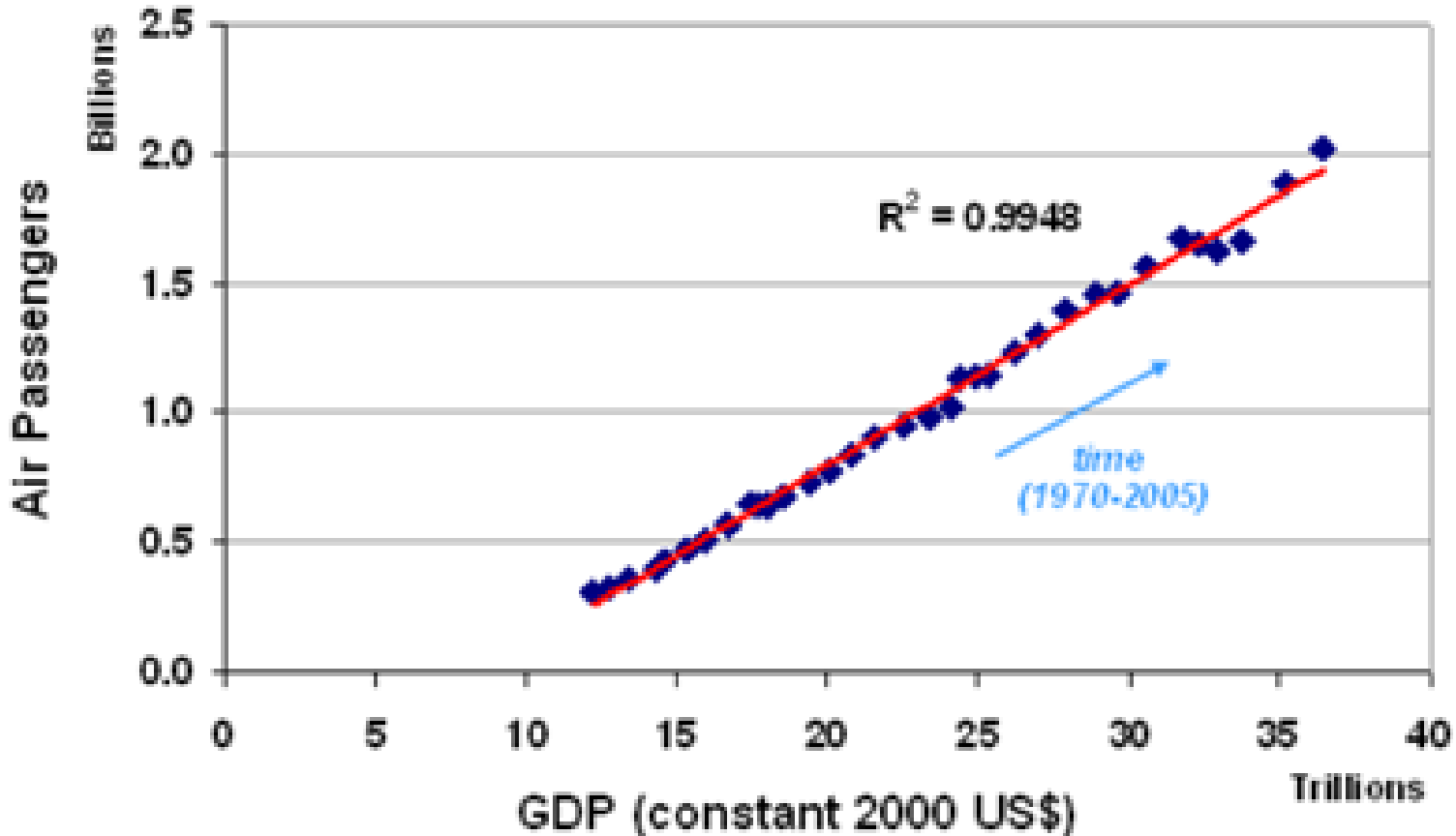
Transporte aéreo no mundo – previsões

Passengers (billion, O-D basis)





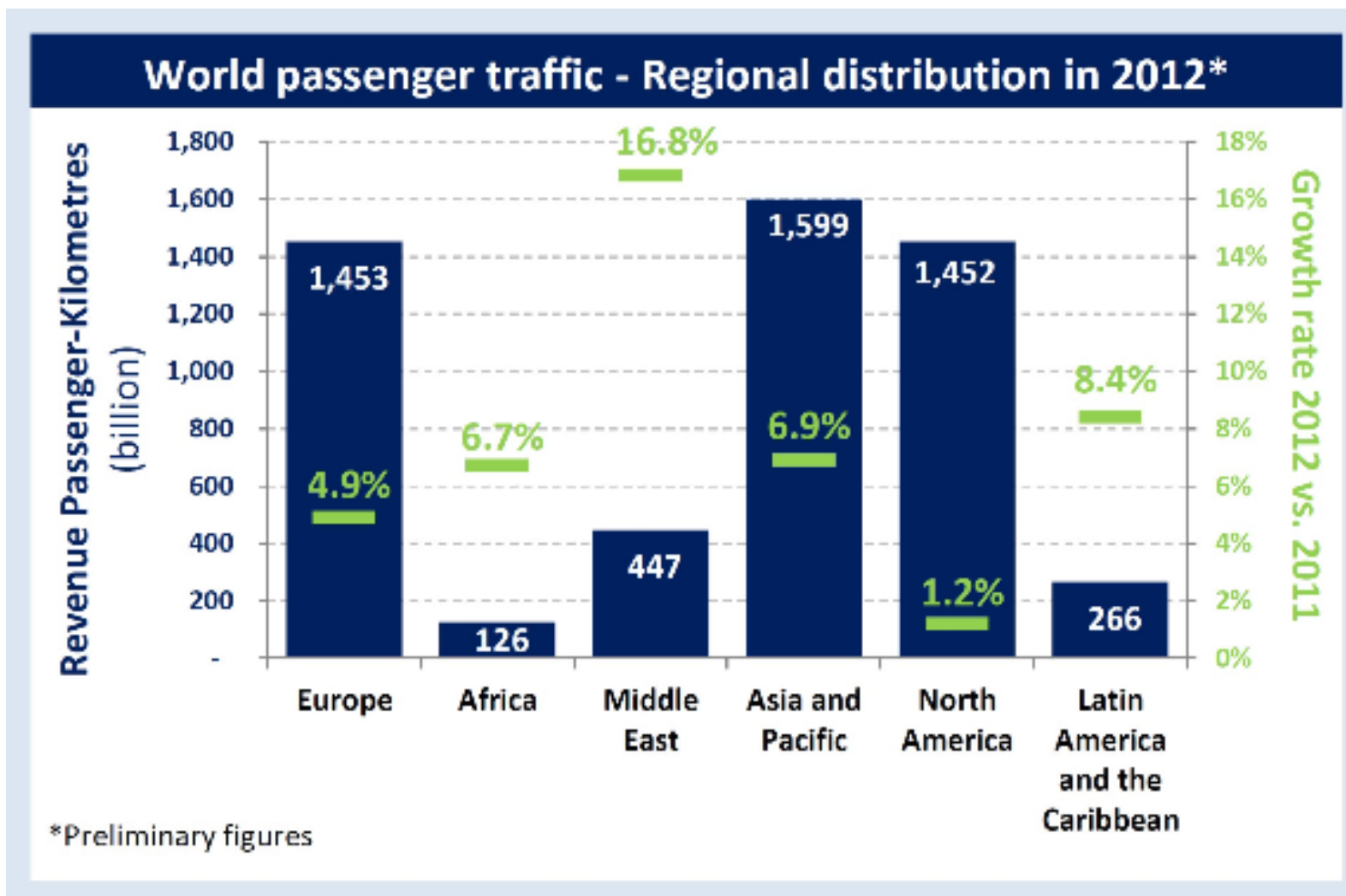
Transporte aéreo e desenvolvimento econômico



Relação entre demanda de transporte aéreo e desenvolvimento econômico, (135 países, 1970 -2005)
Fonte: Ishutkina, M. A. e Hansman, J. R. "Analysisi of the interaction between air transport and economic activity", MIT Mar09



Transporte aéreo – distribuição mundial





Transporte aéreo

velocidade e alcance → grande difusão

→ **segurança** & economia

→ **padronização técnica**

→ organização mundial

1944: 56 países em Chicago → Convenção de Aviação Civil Int'l

Organização de Aviação Civil Internacional – OACI – ICAO



Padronização no transporte aéreo internacional - ICAO

objetivo

segurança e economia

padronização técnica - exemplos

certificação, homologação, medidas, cartas, unidades

→ anexos

entidade

ICAO/OACI – Organização de Aviação Civil Internacional

formada por países -

anexos da ICAO (14 é o de aeroportos)

anexos à carta da convenção de formação da ICAO

conteúdo dos anexos

padrões (obrigatórios) e recomendações – SARPS (*standards and recommended procedures*)



Anexos à Carta da Convenção de Chicago → padronização técnica

- Anexo I - **Habilitação de pessoal** – *formação/habilitação de pessoal técnico*
- Anexo II - **Regras do ar** – *a serem seguidas no mundo inteiro*
- Anexo III - **Meteorologia** – *levantamento e disseminação de dados*
- Anexo IV - **Cartas aeronáuticas** – *elaboração de cartas*
- Anexo V - **Unidades de medida em telecomunicações** –
- Anexo VI - **Operação de aeronaves** – *procedimentos*
- Anexo VII - **Nacionalidade e marcas de registro de aeronaves**
- Anexo VIII - **Homologação de aeronaves (aeronavegabilidade)**
- Anexo IX - **Facilitação** – *requisitos que facilitem as operações*
- Anexo X - **Telecomunicações aeronáuticas** – *freqüências e procedimentos*
- Anexo XI - **Serviços de tráfego aéreo** – *procedimentos*
- Anexo XII - **Busca e salvamento** – *procedimentos*
- Anexo XIII - **Inquérito de acidentes aeronáuticos** – *procedimentos*
- Anexo XIV** - **Aeródromos** – *dimensões*
- Anexo XV - **Serviços de informações aeronáuticas** – *o que e como divulgar*
- Anexo XVI - **Ruído** – *atos de interferência ilegal (e.g. sequestros)*
- Anexo XVII - **Segurança** – *procedimentos*
- Anexo XVIII - **Materiais perigosos** – *o que e como transportar de forma segura*
- Anexo XIX - **Gestão de segurança**



Padrões & procedimentos recomendados



3.4 Runway strips

General

3.4.1 A runway and any associated stopways shall be included in a strip.



Padrões & procedimentos recomendados – Anexo 14



Width of runway strips

3.4.3 A strip including a precision approach runway shall, wherever practicable, extend laterally to a distance of at least:

- 150 m where the code number is 3 or 4; and
- 75 m where the code number is 1 or 2;



3.4.4 **Recommendation.**— *A strip including a non-precision approach runway should extend laterally to a distance of at least:*

- 150 m where the code number is 3 or 4; and
- 75 m where the code number is 1 or 2;

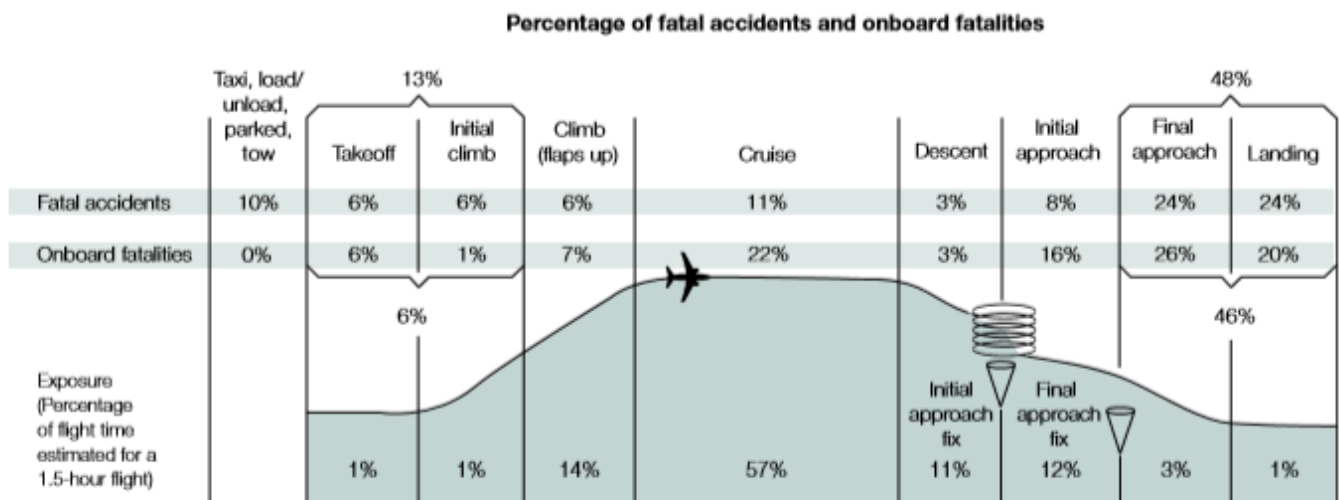




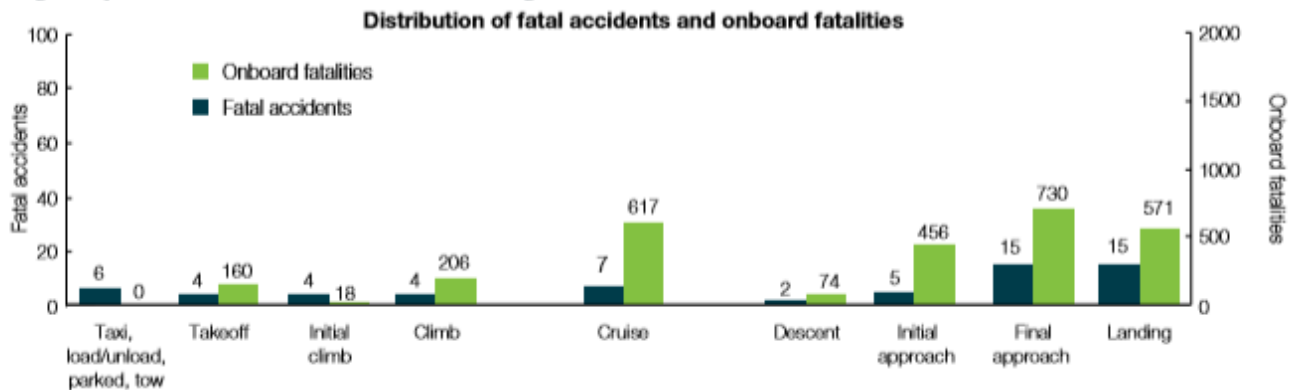
Acidentes fatais por fases dos voos

Fatal Accidents and Onboard Fatalities by Phase of Flight

Fatal Accidents | Worldwide Commercial Jet Fleet | 2007 through 2016



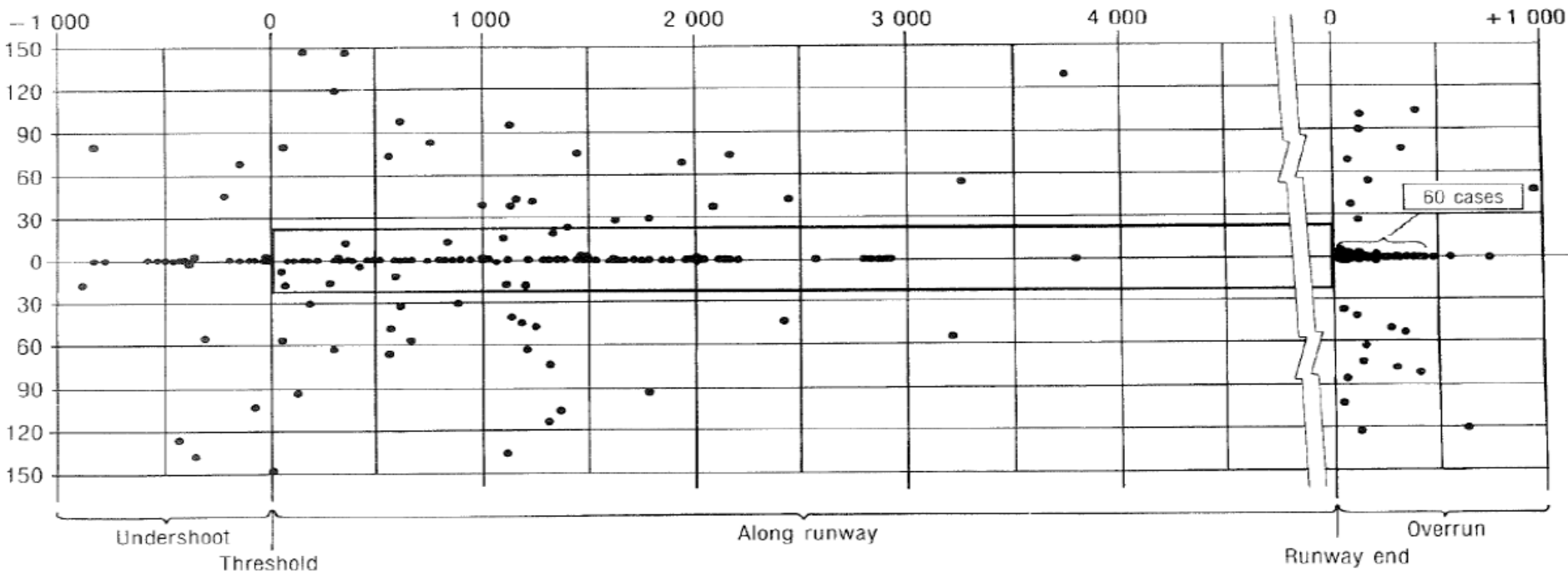
Note: Percentages may not sum to 100% due to numerical rounding.



→ importância das áreas de segurança à volta das pistas "áreas de escape"



Locais de acidentes



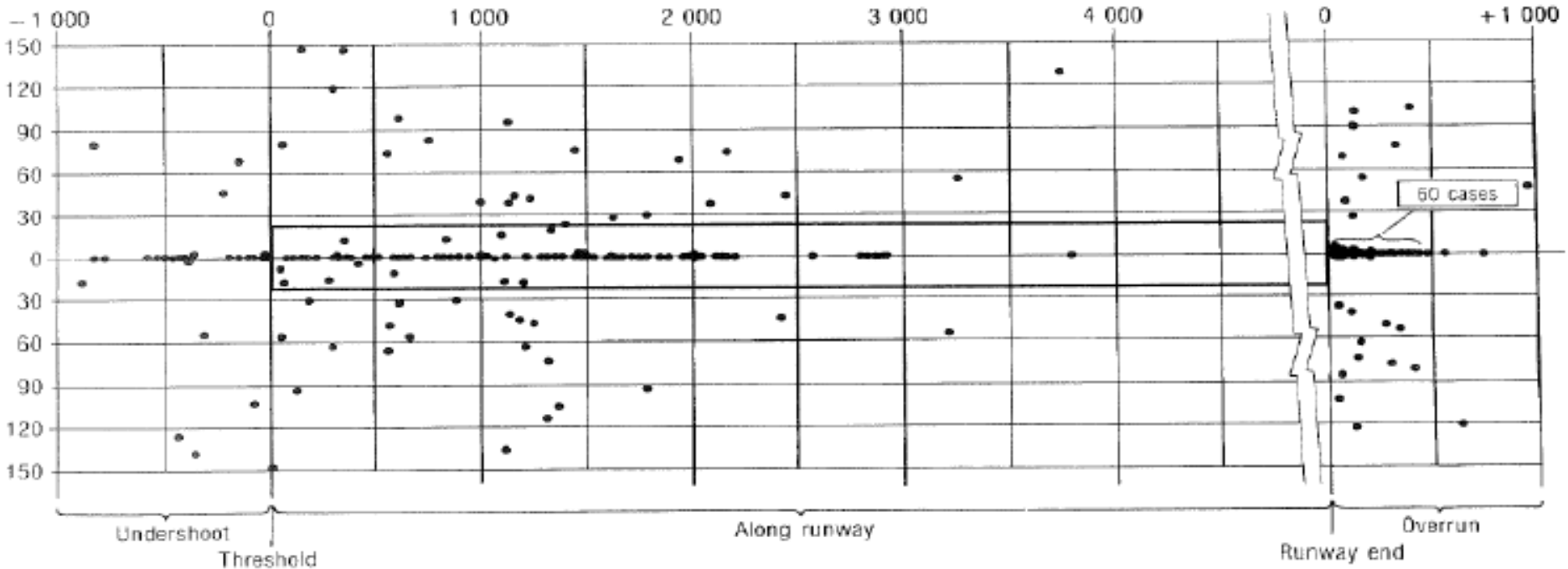
aviões com pesos acima de 5,7 ton

233 acidentes registrados junto à ICAO
sentido das operações →
distâncias em metros

→ importância das áreas de segurança à volta das pistas "áreas de escape"



Locais de acidentes



576 acidentes registrados junto à ICAO
sentido das operações →
distâncias em metros

→ importância das áreas de segurança à volta das pistas "áreas de escape"



Áreas de emergência ao lado de pistas

pistas > 1.800 m

- **faixa de pista** *runway strip*

largura	150 m	operações de não precisão (instrumentos)
	300 m	operações de precisão (instrumentos)
comprimento	pista + 60 m	além de cada cabeceira/extremidade

- **área de segurança de extremidade de pista** **RESA**

runway end safety area

comprimento	pista + 90 m	além de cada cabeceira/extremidade
	ANAC (Brasil) +270 m	além de cada cabeceira/extremidade

- **clearways** áreas livres de obstáculo além das cabeceiras de pista
- **stopways** áreas que suportem a passagem de aviões depois do fim da pista
- **cabeceiras deslocadas** início da pista destinado apenas para decolagem



Boeing 737-800

aeroporto de Trabzon – Turquia

13Jan18 23:30





Boeing 7237-800

aeroporto de Trabzon – Turquia

13Jan18 23:30





Boeing 737-800

aeroporto de Trabzon – Turquia

13Jan18 23:30





Boeing 737-800

aeroporto de Trabzon – Turquia

13Jan18 23:30





Boeing 737-800

aeroporto de Trabzon – Turquia

13Jan18 23:30





Boeing 737-800

aeroporto Sabiha Gökçen – Turquia

05Fev20 18:19



- vento de cauda 22/34 kt > max 10 kt
 - pista molhada vento cauda max - 5kt
 - pouso iniciado depois da metade da pista
 - erro de piloto → arremetida necessária
 - erro de tráfego → trocar o sentido de operação
- 3 mortos em 183 pessoas





Acidentes em Congonhas - CGH





Acidentes em Congonhas - CGH





Entidades no Brasil

- **ANAC** **Agência Nacional de Aviação Civil**
regula e fiscaliza a aviação civil e a infraestrutura aeronáutica e aeroportuária → segurança – serviços – tarifas
empresas aéreas, aeroportos, aeronaves, pessoal (voo, mecânicos, despachantes)
- **DECEA** **Departamento de Controle do Espaço Aéreo** do ComAer
planeja, gerencia e controla atividades de controle do espaço aéreo (CTA), proteção ao voo, busca & salvamento
- **SAC** **Secretaria de Aviação Civil**
coordena ações estratégicas para o desenvolvimento do setor
- **ABEAR** **Associação Brasileira das Empresas Aéreas**
- **ABESATA** **Associação Brasileira das Empresas de Serviços Auxiliares de TrAer**



Entidades fora do Brasil

- **FAA** *Federal Aviation Administration* **EUA**
(ANAC+DECEA norte-americanos)
Advisory Circulars série 150 –aeroportos
- **IATA** *International Air Transport Association* empresas
- **ACI** *Airports Council International* aeroportos
- **EASA** *European Aviation Safety Agency* países
- **IFALPA** *International Federation of Airline Pilots Associations*
sindicatos



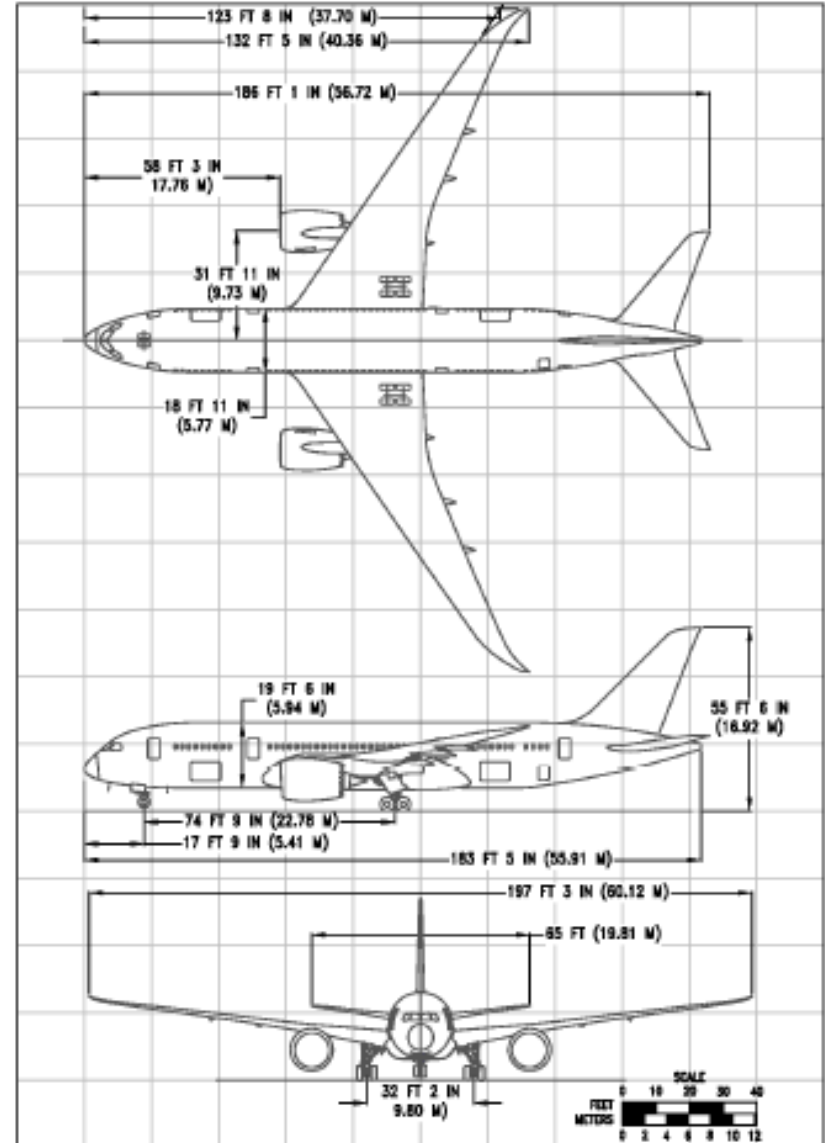
Boeing 787 – 8

dimensões principais

→ planejamento

comprimento
envergadura

altura **variável**

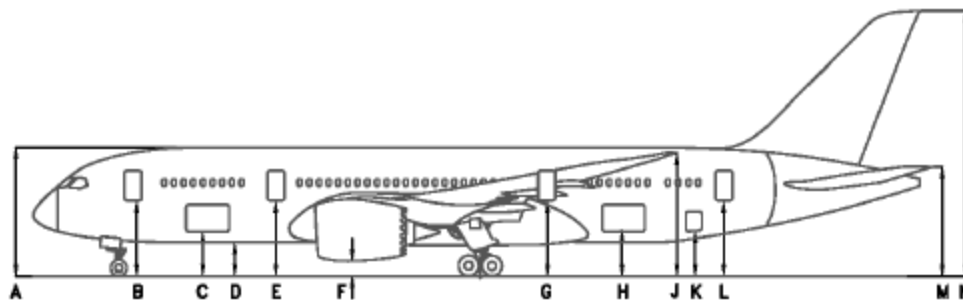




Boeing 787 – 8

outras dimensões

→ operação



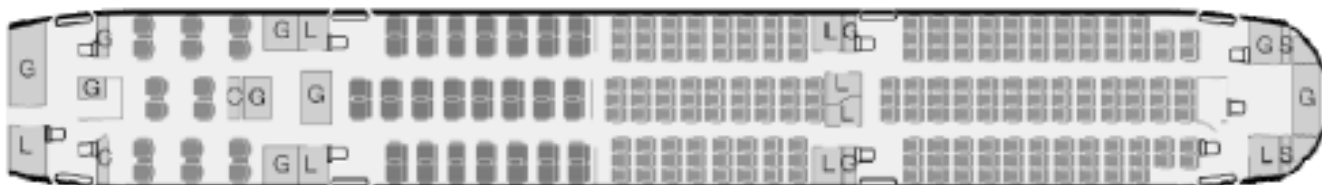
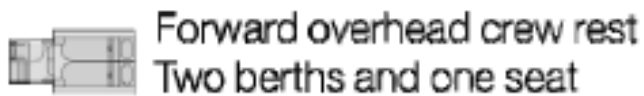
	MINIMUM		MAXIMUM	
	FEET - INCHES	METERS	FEET - INCHES	METERS
A	25 - 2	7.67	26 - 4	8.03
B	13 - 11	4.24	15 - 6	4.72
C	7 - 9	2.36	9 - 0	2.74
D	5 - 6	1.68	6 - 10	2.08
E	14 - 5	4.39	15 - 5	4.70
F (GE ENGINES)	2 - 5	.74	3 - 6	1.07
F (RR ENGINES)	2 - 4	.71	3 - 6	1.07
G	15 - 1	4.60	15 - 8	4.78
H	8 - 9	2.67	9 - 6	2.90
J	23 - 10	7.26	25 - 5	7.75
K	8 - 11	2.72	9 - 10	3.00
L	15 - 3	4.65	16 - 2	4.93
M	22 - 3	6.78	23 - 5	7.14
N	54 - 5	16.59	56 - 1	17.09



Boeing 787 configurações internas – pax

787-8

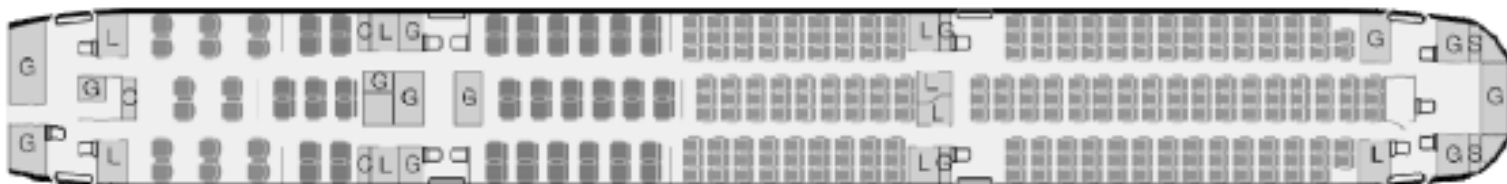
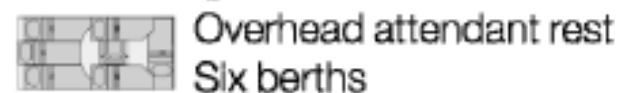
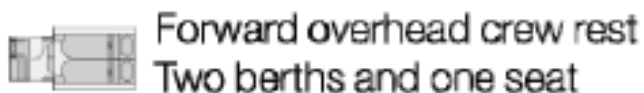
242 passengers



16 first 44 business 182 economy

787-9

280 passengers



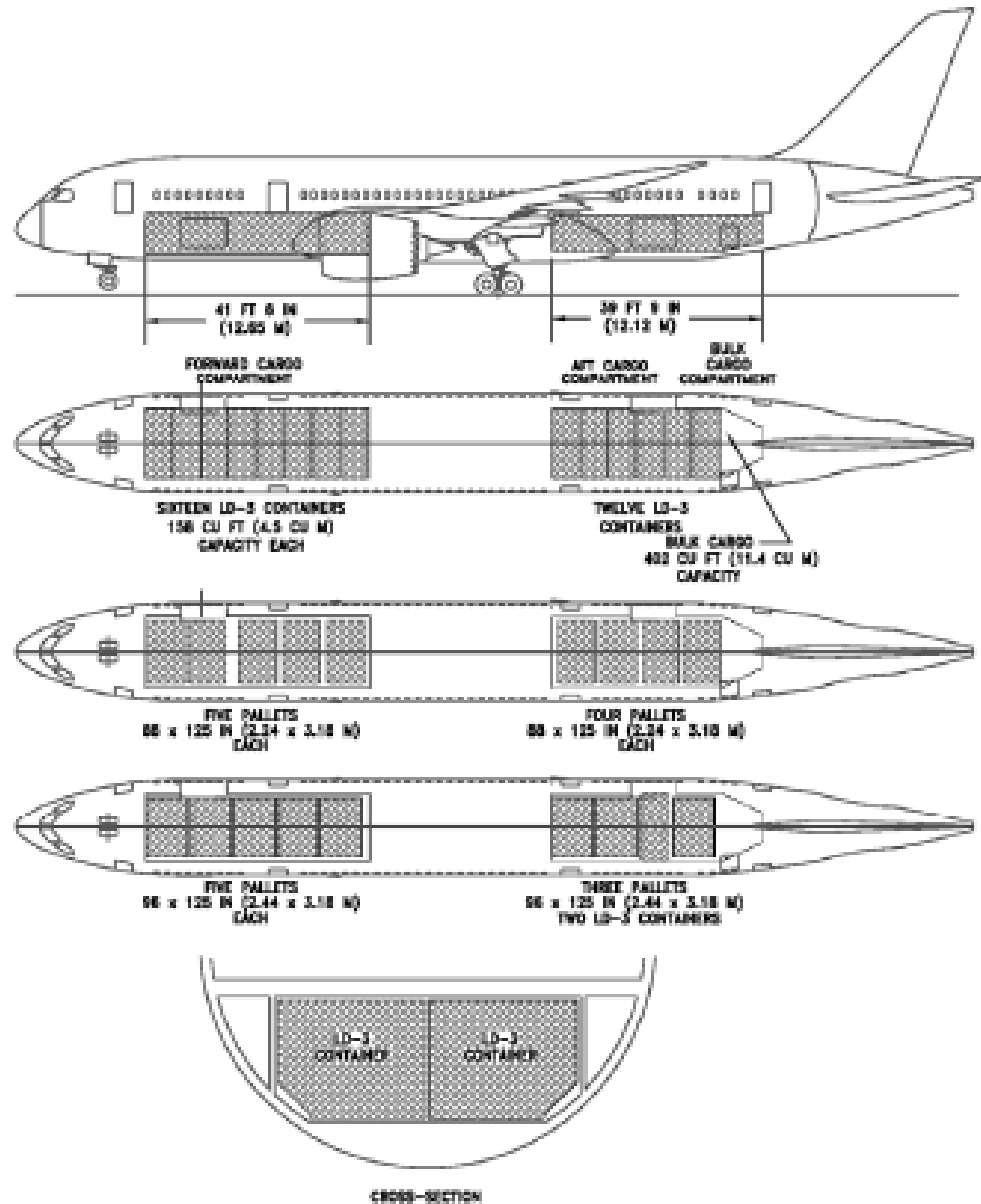
16 first 50 business 214 economy



Boeing 787

configurações internas
dos porões

volume disponível
containeres
granel (*bulk*)





Boeing 787 –

pesos característicos
comprimento
envergadura
altura **variável**

CHARACTERISTICS	UNITS	ENGINE MANUFACTURER	
		GENERAL ELECTRIC	ROLLS-ROYCE
MAX DESIGN TAXI WEIGHT	POUNDS	503,500	503,500
	KILOGRAMS	228,384	228,384
MAX DESIGN TAKEOFF WEIGHT	POUNDS	502,500	502,500
	KILOGRAMS	227,930	227,930
MAX DESIGN LANDING WEIGHT	POUNDS	380,000	380,000
	KILOGRAMS	172,365	172,365
MAX DESIGN ZERO FUEL WEIGHT	POUNDS	355,000	355,000
	KILOGRAMS	161,025	161,025
OPERATING EMPTY WEIGHT (1)	POUNDS	TBD	TBD
	KILOGRAMS	TBD	TBD
MAX STRUCTURAL PAYLOAD (1)	POUNDS	TBD	TBD
	KILOGRAMS	TBD	TBD
SEATING CAPACITY	ONE-CLASS	375 ALL-ECONOMY SEATS; FAA EXIT LIMIT = 361 SEATS	
	MIXED CLASS	242 THREE-CLASS; 16 FIRST CLASS, 44 BUSINESS CLASS, 182 ECONOMY CLASS (SEE SEC 2.4)	
MAX CARGO - LOWER DECK	CUBIC FEET	4,826 (2)	4,826 (2)
	CUBIC METERS	136.7 (2)	136.7 (2)
USABLE FUEL	US GALLONS	33,340	33,340
	LITERS	126,206	126,206
	POUNDS	223,378	223,378
	KILOGRAMS	101,323	101,323



Determinação do comprimento de pista

tipos de avião

pesos característicos

gráfico de carga paga x alcance

aspectos ambientais

aspectos de segurança

comprimentos característicos de pista – ICAO



Determinação do comprimento de pista



Aumento do comprimento de pista com custo baixo



Determinação do comprimento de pista



Aumento do comprimento de pista com custo médio



Determinação do comprimento de pista



Aumento do comprimento de pista com custo alto



Determinação do comprimento de pista



Aumento do comprimento de pista com custo muito alto



Subsistemas de um sistema aeroporto

caracterização - dimensionamento

- acesso/egresso **nº de vias - (m)** **veículos na hora-pico**
- estacionamento de veículos **m²** **veículos parados simultaneamente**
(tarifas – alternativas de transporte – distância)
- terminal de passageiros **m²** **pessoas na hora-pico - pessoas/m²**
- pátio de aeronaves **m²** **aviões parados simultaneamente**
tipos de aviões (dimensões)
- caminhos de circulação **m** **movimentos na hora-pico**
- pista(s) **comprimento** **m** **tipo de avião - peso - meteorologia/ambiente - segurança**
espessura **m** **frequência de uso - carga no solo - resistência do solo**
quantidade **u** **movimentos na hora-pico - ventos**
orientação **ºmag** **ventos - topografia**



Subsistema de **pista(s)** de um sistema aeroporto

comprimento	m	tipo de avião	-	peso	-	meteorologia/ambiente	-	segurança
espessura	m	frequência de uso	-	carga no solo	-	resistência do solo		
quantidade	u	movimentos na hora-pico	-	ventos				
orientação	^o mag	ventos	-	topografia				

- **tipo de avião** missão → projeto → asa
- **peso** pesos característicos, gráfico de carga paga x alcance → pista
- **meteorologia & ambiente**
- **segurança** decolagem: normal + em pane + abortada

 aterragem



Subsistema de **pista(s)** de um sistema aeroporto

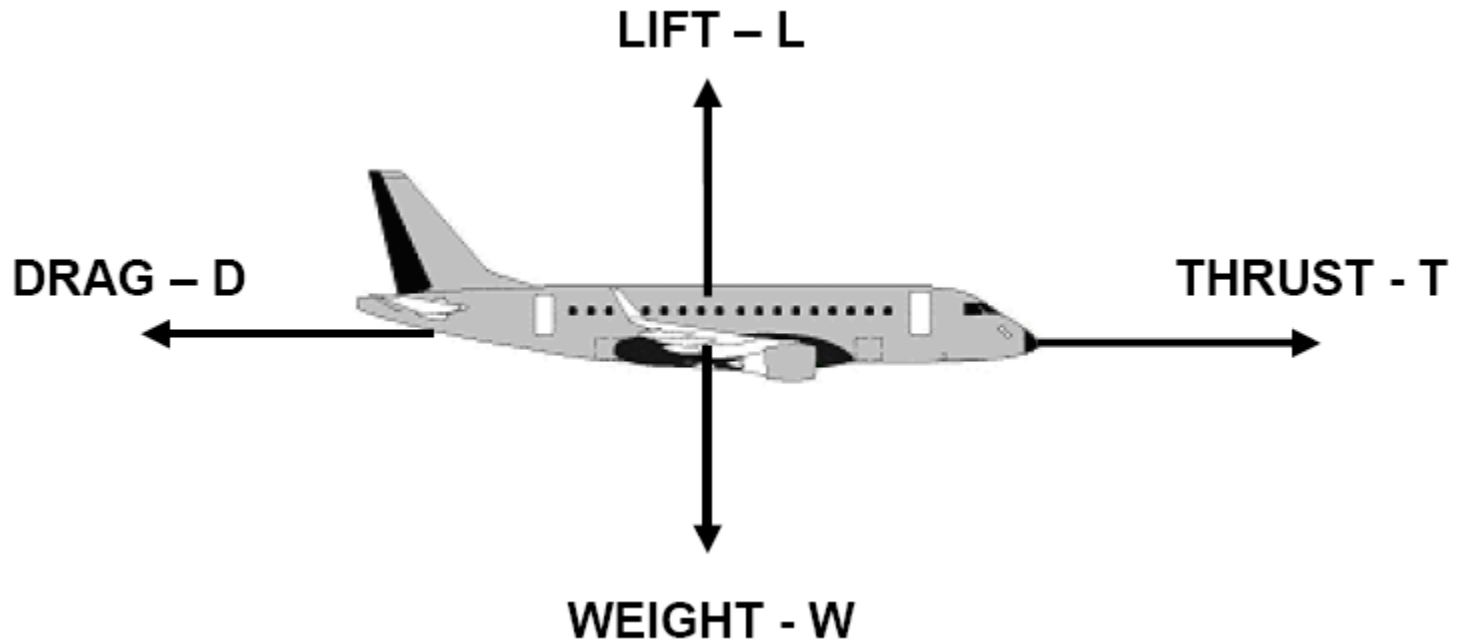
comprimento	m	tipo de avião	-	peso	-	meteorologia/ambiente	-	segurança
espessura	m	frequência de uso	-	carga no solo	-	resistência do solo		
quantidade	u	movimentos na hora-pico	-	ventos				
orientação	^o mag	ventos	-	topografia				

- **tipo de avião** missão → projeto → asa
- **peso** pesos característicos, gráfico de carga paga x alcance → pista
- **meteorologia & ambiente**
- **segurança** decolagem: normal + em pane + abortada

 aterragem



Forças atuantes em um avião em voo





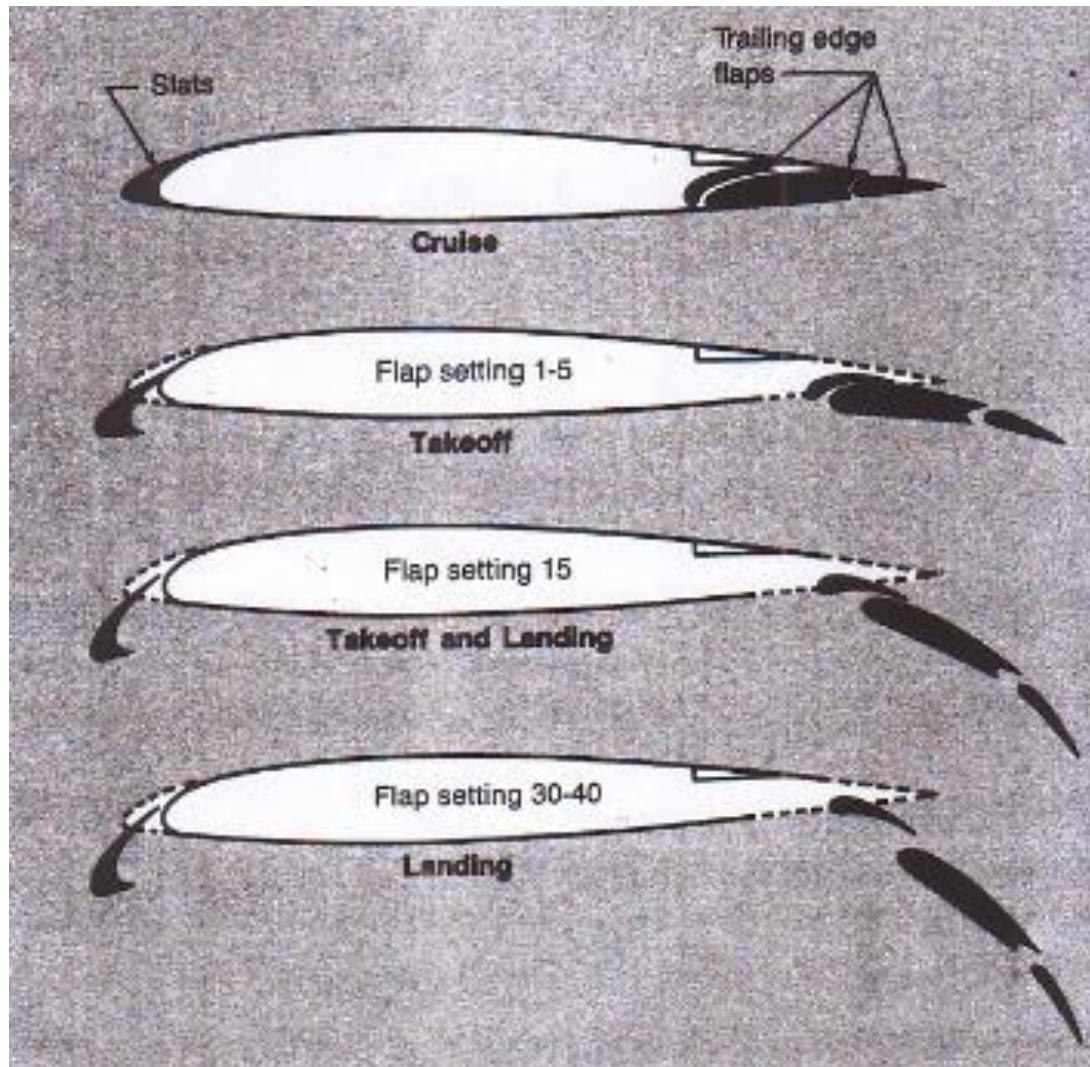
Sustentação

- L sustentação
- ρ densidade do ar
- V velocidade
- S superfície da asa
- Cl coeficiente de sustentação

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 S * C_l$$



Dispositivos de hiper-sustentação de uma asa – *flaps* e *slats*





Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Aeroportos e Transporte Aéreo





Subsistema de **pista(s)** de um sistema aeroporto

comprimento	m	tipo de avião	-	peso	-	meteorologia/ambiente	-	segurança
espessura	m	frequência de uso - carga no solo - resistência do solo						
quantidade	u	movimentos na hora-pico - ventos						
orientação	^o mag	ventos - topografia						

- tipo de avião missão → projeto → asa
- peso pesos característicos, gráfico de carga paga x alcance → pista
- meteorologia & ambiente
- segurança decolagem: normal + em pane + abortada
 aterragem



Pesos característicos de um avião

Peso básico operacional = avião vazio + tripulantes + bagagens dos tripulantes + comissaria

Carga paga = passageiros + bagagens dos passageiros + carga propriamente dita

Peso zero combustível = peso básico operacional + carga paga

Combustível total = etapa + reservas (10% etapa + alternativa + espera sobre alternativa)

Peso de decolagem = peso zero combustível + combustível total

Peso de aterragem = peso de decolagem – combustível consumido



Pesos característicos de um avião

Peso básico operacional = avião vazio + tripulantes + bagagens dos tripulantes + comissaria

Carga paga = passageiros + bagagens dos passageiros + carga propriamente dita

Peso zero combustível = peso básico operacional + carga paga

Combustível total = etapa + reservas (10% etapa + alternativa + espera sobre alternativa)

Peso de decolagem = peso zero combustível + combustível total

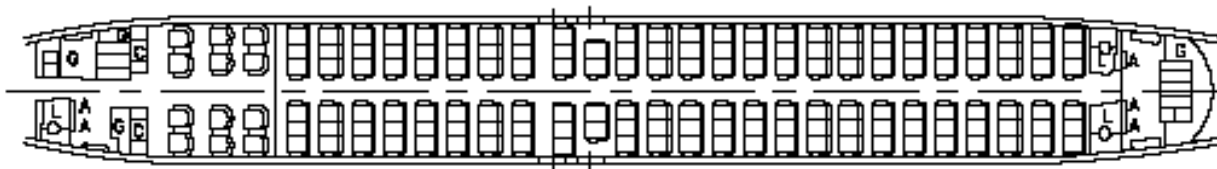
Peso de aterragem = peso de decolagem – combustível consumido



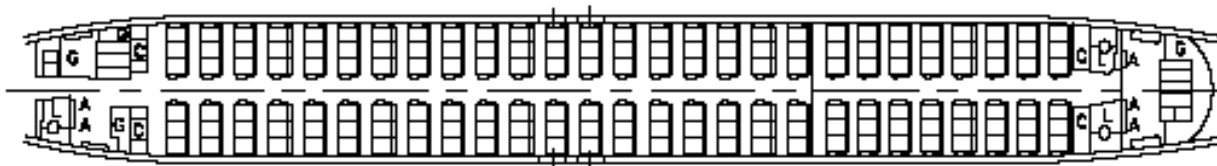
Configurações internas

Boeing 737-800

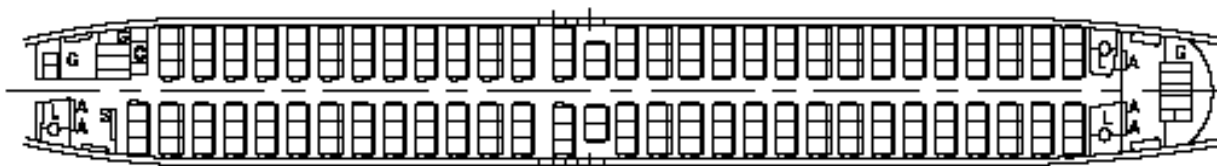
Fonte: Airplane Characteristics – Airport Planning D6-58325-3 Apr98



MIXED CLASS
12 FIRST CLASS SEATS AT 38-IN PITCH
148 ECONOMY CLASS SEATS AT 32-IN PITCH



MIXED CLASS
108 BUSINESS CLASS SEATS AT 34-IN PITCH
54 ECONOMY CLASS SEATS AT 32-IN PITCH



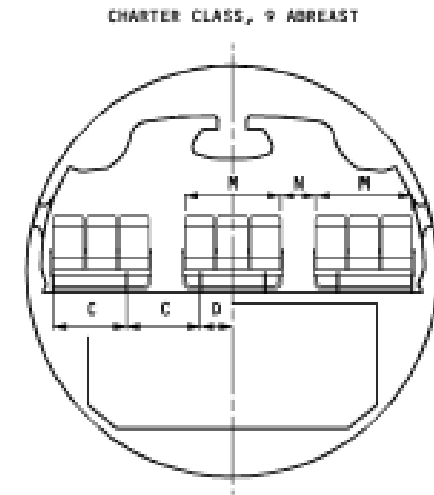
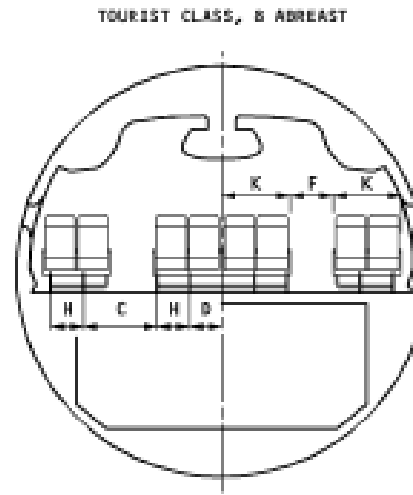
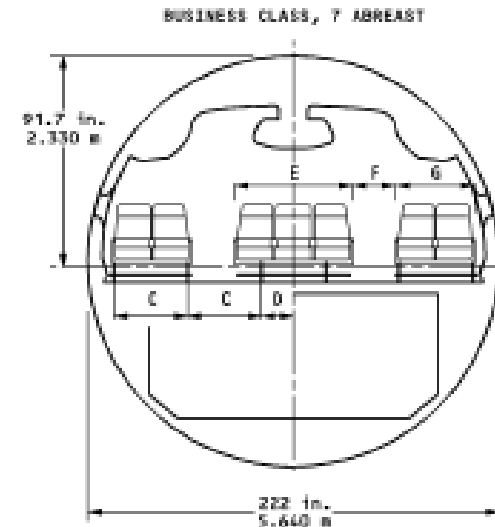
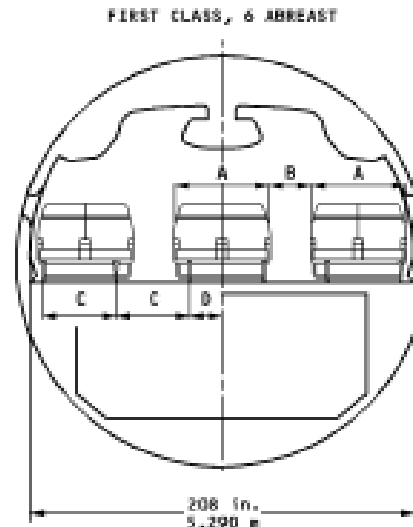
SINGLE CLASS
175 ECONOMY CLASS SEATS AT 32-IN PITCH (SHOWN)
OR 184 ECONOMY CLASS SEATS AT 30-IN PITCH

[A] ATTENDANT [C] CLOSET [G] GALLEY [L] LAVATORY [S] STOWAGE



Configurações internas Airbus A 330

Airplane Characteristics for Airport Planning Jan01



- A - 54.0 in. (1371.6 mm)
- B - 21.0 in. (533 mm)
- C - 39.6 in. (1006 mm)
- D - 17.7 in. (449 mm)
- E - 72.0 in. (1829 mm)
- F - 19.0 in. (483 mm)

- G - 48.0 in. (1219 mm)
- H - 19.8 in. (503 mm)
- K - 41.5 in. (1054.1 mm)
- M - 37.1 in. (940 mm)
- N - 16.5 in. (419 mm)



à procura do assento perfeito

o as expressões que vo-
contrar no site). O Gu-
r – ou apenas G-Factor
c ainda mais a avaliação
ções de cada voo para
vega pelo SeatGuru, o
oso mapa online de ae-
com funções que per-
ver as companhias aé-
n mais ou menos espá-
as pernas (o *seat pitch*),
ades como tomadas pa-
gar o laptop e o tipo de
umento a bordo.

ator leva em conta ain-
ziço de cada empresa e
s de satisfação de inter-
ue escrevem resenhas e
is no TripAdvisor, pro-
do SeatGuru. Você po-
nizar os resultados da
não apenas por preço,
xém pelo índice de satis-
dido pelo G-Factor sim-
te clicando em um bo-
lto da página. A seguir,
s opções para encontrar
eriência de voo razoá-
ço aceitável. / COM NYT



Acomode-se. Saída de emergência é um dos lugares disputados pelos passageiros altos

Fator de agonia: com ou sem paradas

“Fator de agonia” (*agony fac-
tor*) é o primeiro critério na
lista de possibilidades para or-
denar o resultado de uma pes-
quisa de voos no Hipmunk.
com. Trata-se de uma combi-
nação entre preço, número de
paradas e duração do voo. Ao
posicionar o cursor sobre ca-
da resultado da busca você ain-
da vê em qual modelo de aere-
nave embarcará e os aeropor-
tos de escala.

Pesquisados voos para o tre-
cho São Paulo – Londres no
fim de agosto pelo critério da
agonia, a portuguesa TAP,
com uma conexão, foi a mel-
hor colocada – pelo critério
preço, coincidentemente, a
empresa portuguesa também
foi eleita a melhor escolha.



Avião antigo (motor à pistão): todos os assentos tinham o conforto do que hoje é uma classe executiva, e a cada fileira havia uma janela; os assentos eram fixos, não podendo ser deslocados no sentido longitudinal de forma a permitir ter-se mais assentos



Configurações internas

Novos “assentos” (espécie de selim) → visão de um futuro não muito distante?





Configurações internas



A capacidade máxima de assentos em um avião é o número de passageiros que consegue sair dele em 90 s usando as portas/janelas de apenas um lado do avião



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Aeroportos e Transporte Aéreo

Boeing 757 Precision Conversions Combi





Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Aeroportos e Transporte Aéreo

Boeing 757 Precision Conversions Combi

10 posições de pallets de carga + 54 assentos





Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Aeroportos e Transporte Aéreo

Boeing 757 Precision Conversions Combi





Pesos característicos de um avião

Peso básico operacional = avião vazio + tripulantes + bagagens dos tripulantes + comissaria

para um mesmo tipo de avião, variando-se a quantidade de

assentos **mais assentos** → **menos conforto**

WC **mais banheiros** → **mais conforto**

galleys **mais espaço para alimentos** → **mais conforto**

tripulantes técnicos **mais tripulantes** → **vôo mais longo**

tripulantes comerciais **mais comissários(as)** → **melhor serviço**

comissaria **mais alimentos e produtos** → **melhor serviço**

um dado vôo → um dado PBO



Pesos característicos de um avião

Peso básico operacional = avião vazio + tripulantes + bagagens dos tripulantes + comissaria

Carga paga = passageiros + bagagens dos passageiros + carga propriamente dita

1 pax + bag = 75 + 20 kg = 95 kg ~ 200 lb

pax → fuselagem superior

bagagens + carga → porões (fuselagem inferior)

aviões de um só corredor (*narrow bodies*) x aviões de corredor duplo (*wide bodies*)

Peso zero combustível = peso básico operacional + carga paga

Combustível total = etapa + reservas (10% etapa + alternativa + espera sobre alternativa)

Peso de decolagem = peso zero combustível + combustível total

Peso de aterragem = peso de decolagem – combustível consumido



Pesos característicos de um avião

Peso básico operacional = avião vazio + tripulantes + bagagens dos tripulantes + comissaria

Carga paga = passageiros + bagagens dos passageiros + carga propriamente dita

Peso zero combustível = peso básico operacional + peso de carga paga

PZC é limitado por projeto (limite estrutural) = PMZC

se PBO é constante → carga paga máx = PMZC – PBO

Combustível total = etapa + reservas (10% etapa + alternativa + espera sobre alternativa)

Peso de decolagem = peso zero combustível + combustível total

Peso de aterragem = peso de decolagem – combustível consumido



Pesos característicos de um avião

Peso básico operacional = avião vazio + tripulantes + bagagens dos tripulantes + comissaria

Carga paga = passageiros + bagagens dos passageiros + carga propriamente dita

Peso zero combustível = peso básico operacional + carga paga

Combustível total = **combustível para a etapa**

limitado por volume + **combustível de reserva** **10% etapa**

+ voar para alternativa

+ voar sobre alternativa (espera)

Peso de decolagem = peso zero combustível + combustível total

Peso de aterragem = peso de decolagem – combustível consumido



Pesos característicos de um avião

Peso básico operacional = avião vazio + tripulantes + bagagens dos tripulantes + comissaria

Carga paga = passageiros + bagagens dos passageiros + carga propriamente dita

Peso zero combustível = peso básico operacional + carga paga

Combustível total = etapa + reservas (10% etapa + alternativa + espera sobre alternativa)

Peso de decolagem = peso zero combustível + combustível total

limitado por projeto (limite estrutural) → peso max estrutural de decolagem – PMED

limitado por operação (p. ex., pista) → peso máximo de decolagem – PMD

Peso de aterragem = peso de decolagem – combustível consumido



Pesos característicos de um avião

Peso básico operacional = avião vazio + tripulantes + bagagens dos tripulantes + comissaria

Carga paga = passageiros + bagagens dos passageiros + carga propriamente dita

Peso zero combustível = peso básico operacional + carga paga

Combustível total = etapa + reservas (10% etapa + alternativa + espera sobre alternativa)

Peso de decolagem = peso zero combustível + combustível total

Peso de aterragem = peso de decolagem – combustível consumido pode não ser o da etapa

limitado por projeto (limite estrutural) → peso max estrutural de aterragem – PMEA

limitado por operação (p. ex., pista) → peso máximo de decolagem – PMA



Pesos característicos de um avião

$$\begin{aligned} &\text{peso básico operacional} && \text{fixo para uma dada configuração} \\ &+ \text{ carga paga} \\ &= \text{ peso zero combustível} \\ &\quad + \text{ combustível total} \\ &= \text{ peso de decolagem} \\ &\quad - \text{ combustível consumido} \\ &= \text{ peso de aterragem} \end{aligned}$$

Limites operacionais pista, etc

estruturais projeto

peso máximo zero combustível – PMZC

peso máximo de decolagem – PMD

peso máximo estrutural de decolagem – PMED

peso máximo de aterragem – PMD

peso máximo estrutural de aterragem – PMED



Pesos característicos de um avião

Limites de pesos

- estruturais ← projeto & homologação
- operacionais ← pista, vento, densidade do ar (temperatura e altitude) = ambiente

estruturais

peso máximo zero combustível	PMZC
peso máximo estrutural de decolagem	PMED
peso máximo estrutural de aterragem	PMEA

operacionais

peso máximo de decolagem	PMD
peso máximo de aterragem	PMA

$PZC < PMZC$

$PD < PMD < PMED$

$PA < PMA < PMEA$



Pesos característicos

Boeing 737 -300

etapas médias (~ 4 h)

% do peso máximo estrutural de decolagem
aviões de menor alcance

PBO ~ 50%

carga paga ~ 25%

combustível ~ 25%

aviões de maior alcance

PBO ~ 45%

carga paga ~ 15%

combustível ~ 40%

pesos em toneladas métricas	737-300
peso básico operacional	32,90 52%
carga paga máxima	15,40 24%
peso máximo zero combustível	48,30 77%
peso máximo de combustível	18,75 30%
peso máximo estrutural de decolagem	63,05 100%
peso max zero comb + comb max	6,3% 106,3%
número máximo de assentos	149
número usual de assentos	148
volume de porão (m3)	148 23,8
peso de passageiros @ 75 kg/pax	11,10
peso de bagagens @ 20 kg/pax	2,96
% carga paga máxima	91%
volume de bagagens @ 160 kg/m3 - m3	18,50
volume residual para carga nos porões	5,30
peso de carga equivalente pd (@ 160 kg/m3)	0,85
% carga paga máxima	6%
peso máximo nos porões, limitado por volume	3,81
carga paga máxima, limitada por volume	14,91 97%
carga máxima nos porões	1,34
densidade de carga de equilíbrio (kg/m3)	252,83



Pesos característicos

Boeing 737 -300

etapas médias (~ 4 h)

exemplo de limitações de carga paga (CP)

CP max estrutural

$$\text{PMZC} - \text{PBO} = 48,30 - 32,90 = 15,40 \text{ ton}$$

CP max volumétrica 14,91 ton

pax $148 \cdot 75 = 11,10 \text{ ton}$

bagagem $148 \cdot 20 = 2,96 \text{ ton}$

$$2,96 \text{ ton} @ 160 \text{ kg/m}^3 = 18,50 \text{ m}^3$$

porão $23,8 \text{ m}^3 \text{ total} - 18,5 \text{ m}^3 \text{ bag} = 5,30 \text{ m}^3 \text{ carga}$

densidade carga = bagagem =

$$5,30 \text{ m}^3 \text{ carga} @ 160 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 0,85 \text{ ton carga}$$

$$\text{pax} + \text{bag} + \text{crg} = 11,10 + 2,96 + 0,85 = 14,91 \text{ ton}$$

CP max estrutural

$$11,10 \text{ pax} + 2,96 \text{ bag} + 1,34 \text{ carga} = 15,40 \text{ ton}$$

pesos em toneladas métricas	737-300
peso básico operacional	32,90 52%
carga paga máxima	15,40 24%
peso máximo zero combustível	48,30 77%
peso máximo de combustível	18,75 30%
peso máximo estrutural de decolagem	63,05 100%
	6,3%
peso max zero comb + comb max	106,3%
número máximo de assentos	149
número usual de assentos	148
	148
volume de porão (m ³)	23,8
peso de passageiros @ 75 kg/pax	11,10
peso de bagagens @ 20 kg/pax	2,96
% carga paga máxima	91%
volume de bagagens @ 160 kg/m ³ - m ³	18,50
volume residual para carga nos porões	5,30
peso de carga equivalente pd (@ 160 kg/m ³)	0,85
% carga paga máxima	6%
peso máximo nos porões, limitado por volume	3,81
carga paga máxima, limitada por volume	14,91 97%
carga máxima nos porões	1,34
densidade de carga de equilíbrio (kg/m ³)	252,83



Pesos característicos de um avião

pesos em toneladas métricas	737-300	737-800	777-200	747-400	A380-841	A380-843F	EMB 195
peso básico operacional	32,90 52%	41,43 52%	138,1 48%	178,75 45%	270,015 48%	250,56 42%	29,07 56%
carga paga máxima	15,40 24%	20,98 27%	54,64 19%	67,32 17%	90,985 16%	151,44 26%	13,53 26%
peso máximo zero combustível	48,30 77%	62,75 79%	192,74 67%	246,07 62%	361 64%	402 68%	42,60 81%
peso máximo de combustível	18,75 30%	20,91 26%	135,88 47%	173,39 44%	247,502 44%	247,502 42%	13,10 25%
peso máximo estrutural de decolagem	63,05 100%	79,04 100%	286,9 100%	396,89 100%	560 100%	590 100%	52,29 100%
peso max zero comb + comb max	6,3% 106,3%	5,8% 105,8%	14,5% 114,5%	5,7% 105,7%	8,7% 108,7%	10,1% 110,1%	6,5% 106,5%
número máximo de assentos	149	184	440	624			118
número usual de assentos	148	160	328	420	555	0	118
volume de porão (m3)	148 23,8	12+148 45,0	24+61+243 160,3	21+35+42+322 172,5	22+96+334+103 176,3	938,4	118 25,66
peso de passageiros @ 75 kg/pax	11,10	12,00	24,60	31,50	41,63		8,85
peso de bagagens @ 20 kg/pax	2,96	3,20	6,56	8,40	11,10		2,36
% carga paga máxima	91%	72%	57%	59%	58%		83%
volume de bagagens @ 160 kg/m3 - m3	18,50	20,00	41,00	52,50	69,38		14,75
volume residual para carga nos porões	5,30	25,00	119,30	120,00	106,93		10,91
peso de carga equivalente pd (@ 160 kg/m3)	0,85	4,00	19,09	19,20	17,11		1,75
% carga paga máxima	6%	19%	35%	29%	19%		13%
peso máximo nos porões, limitado por volume	3,81	7,20	25,65	27,60	28,21		4,11
carga paga máxima, limitada por volume	14,91 97%	19,20 92%	50,25 92%	59,10 88%	69,83 77%		12,96 96%
carga máxima nos porões	1,34	5,78	23,48	27,42	38,26		2,32
densidade de carga de equilíbrio (kg/m3)	252,83	231,20	196,81	228,50	357,82	161,38	212,65



Gráfico de carga paga x alcance

- Clientes compram aviões porque desejam transportar carga paga de um local a outro
- Gráfico carga paga x alcance → o que pode ser transportado em uma dada distância
- A forma do gráfico de carga paga x alcance é estabelecida em função de :
 - Características de projeto de avião:
 - Peso Máximo Estrutural de Decolagem – PMED Maximum Takeoff Weight - MTOW
 - Peso Máximo Zero Combustível – PMZC Maximum Zero Fuel Weight (MZFW)
 - Combustível Máximo – CMax Maximum Fuel Capacity
 - Eficiência de projeto do avião:
 - Eficiência de peso → Peso Básico Operacional – PBO Operating Empty Weight (OEW)
 - Eficiência aerodinâmica → Rlação Sustentação/aArasto Lift-to-Drag ratio (L/D)
 - Eficiência propulsiva medida pelo consumo específico da combustível Specific Fuel Consumption (SFC)
 - Regras de avaliação de desempenho
- Gráfico de carga paga x alcance → envoltória limites da operação de um avião



Gráfico de carga paga x alcance

início: avião vazio

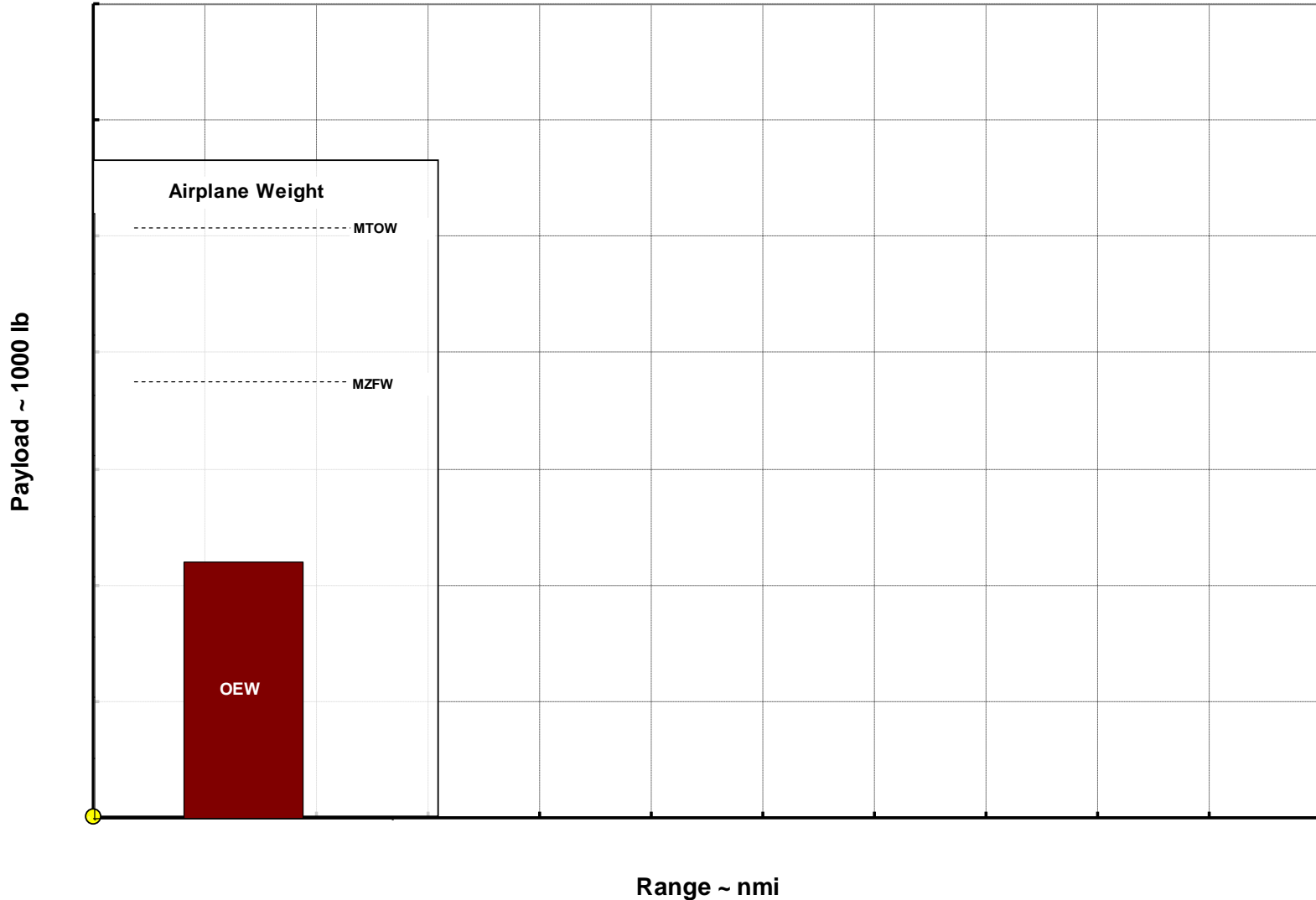




Gráfico de carga paga x alcance

carga paga máxima

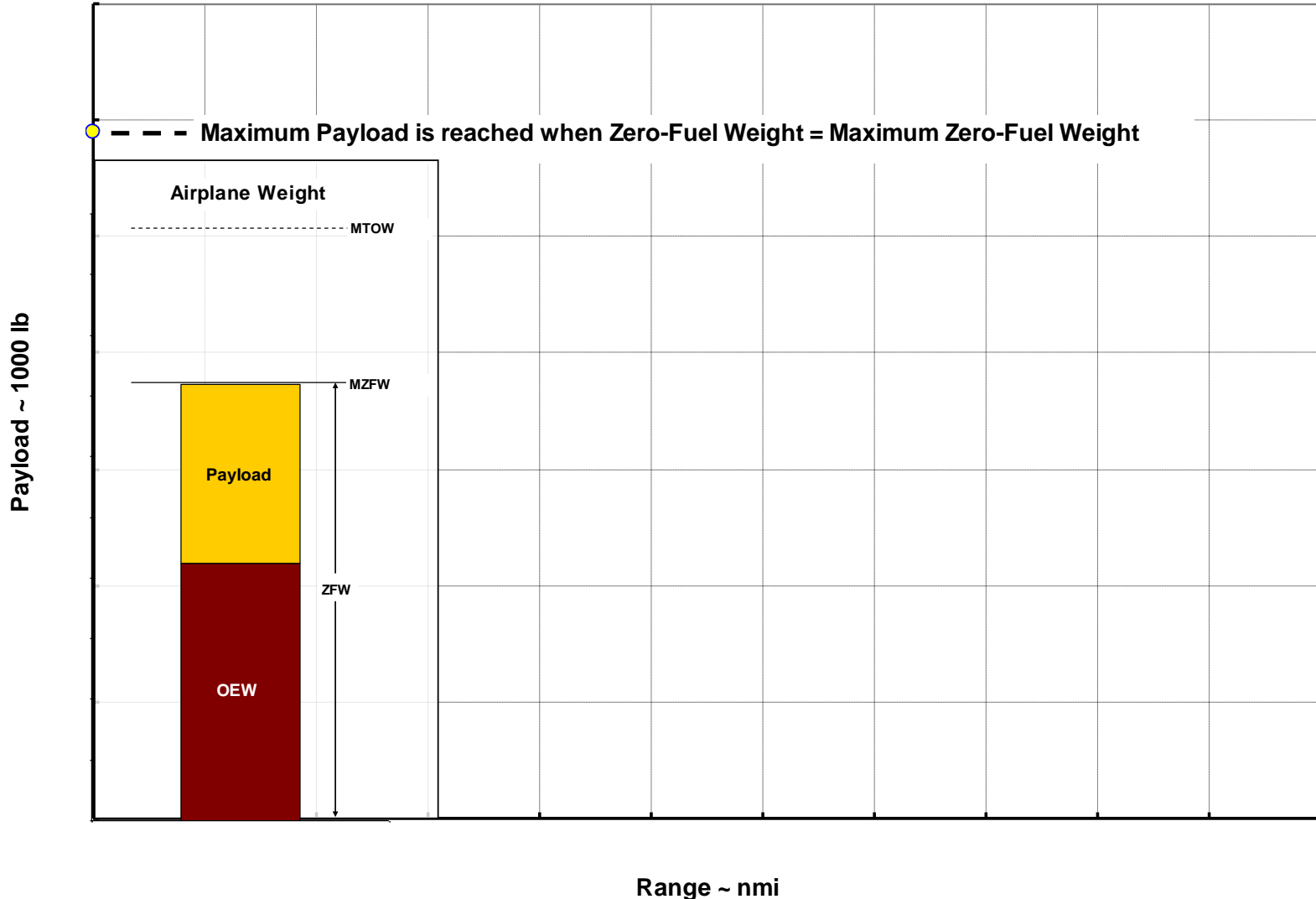




Gráfico de carga paga x alcance

máximos alcance e carga paga

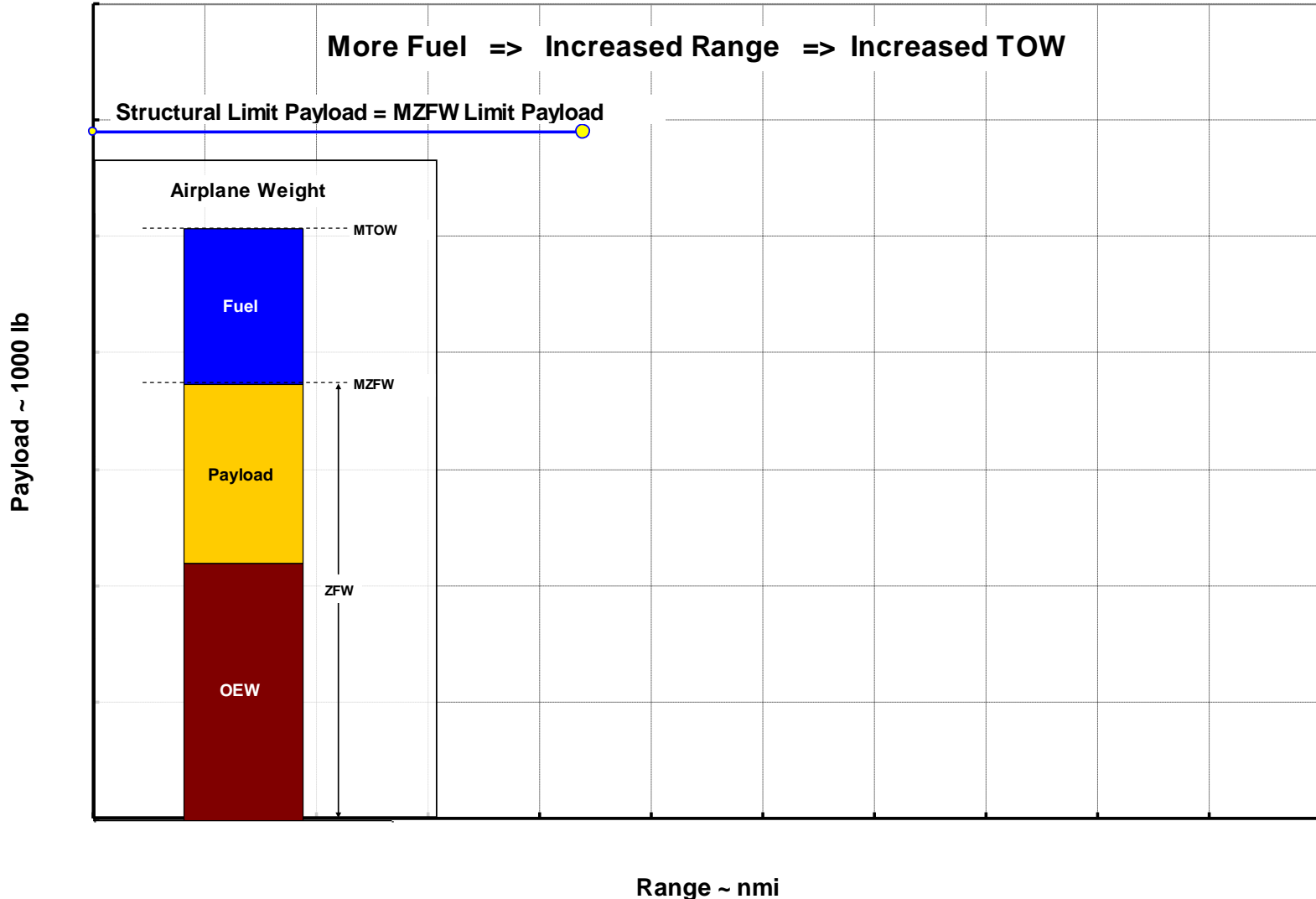




Gráfico de carga paga x alcance

peso de decolagem constante

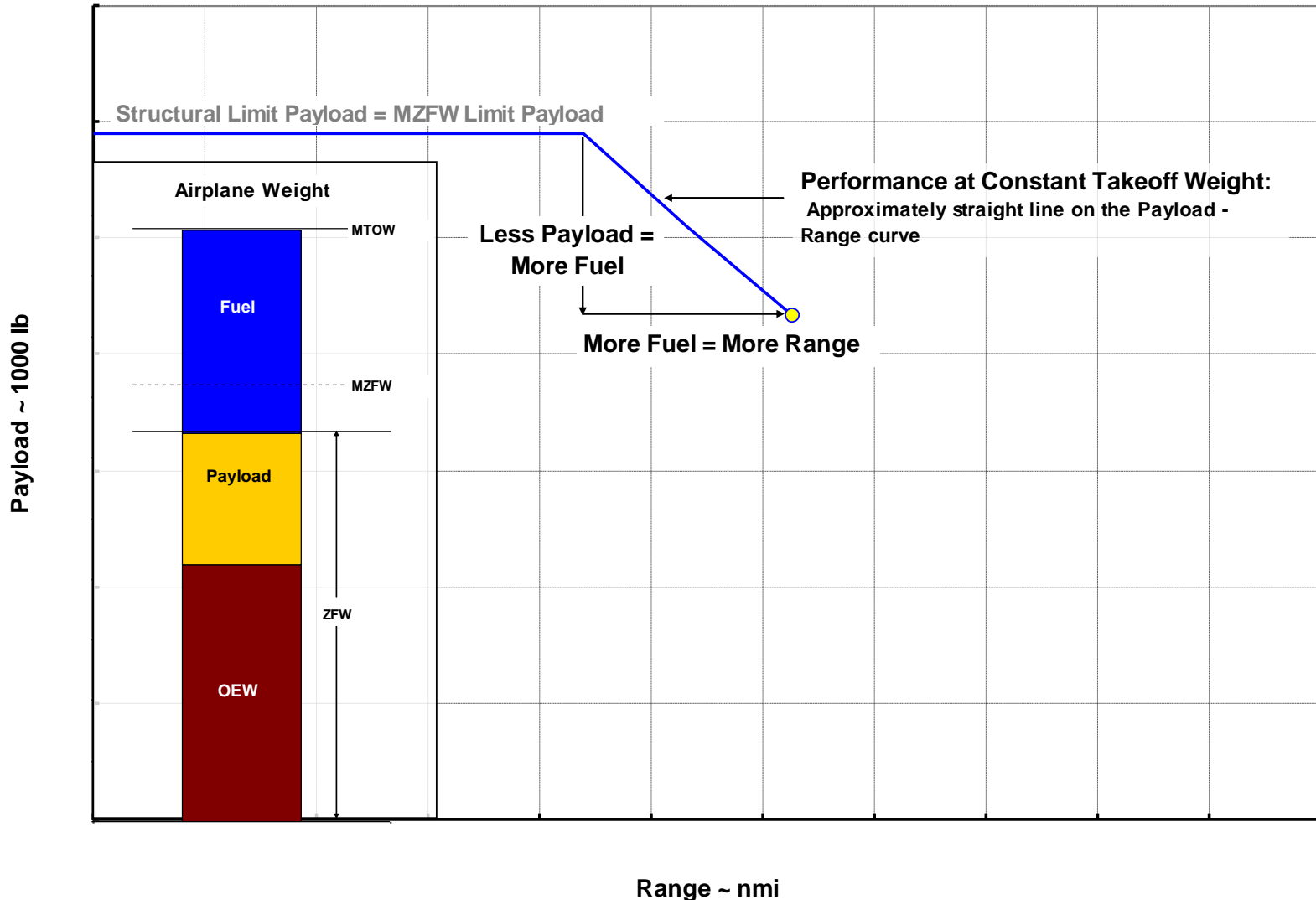




Gráfico de carga paga x alcance

máximos alcance e peso de decolagem

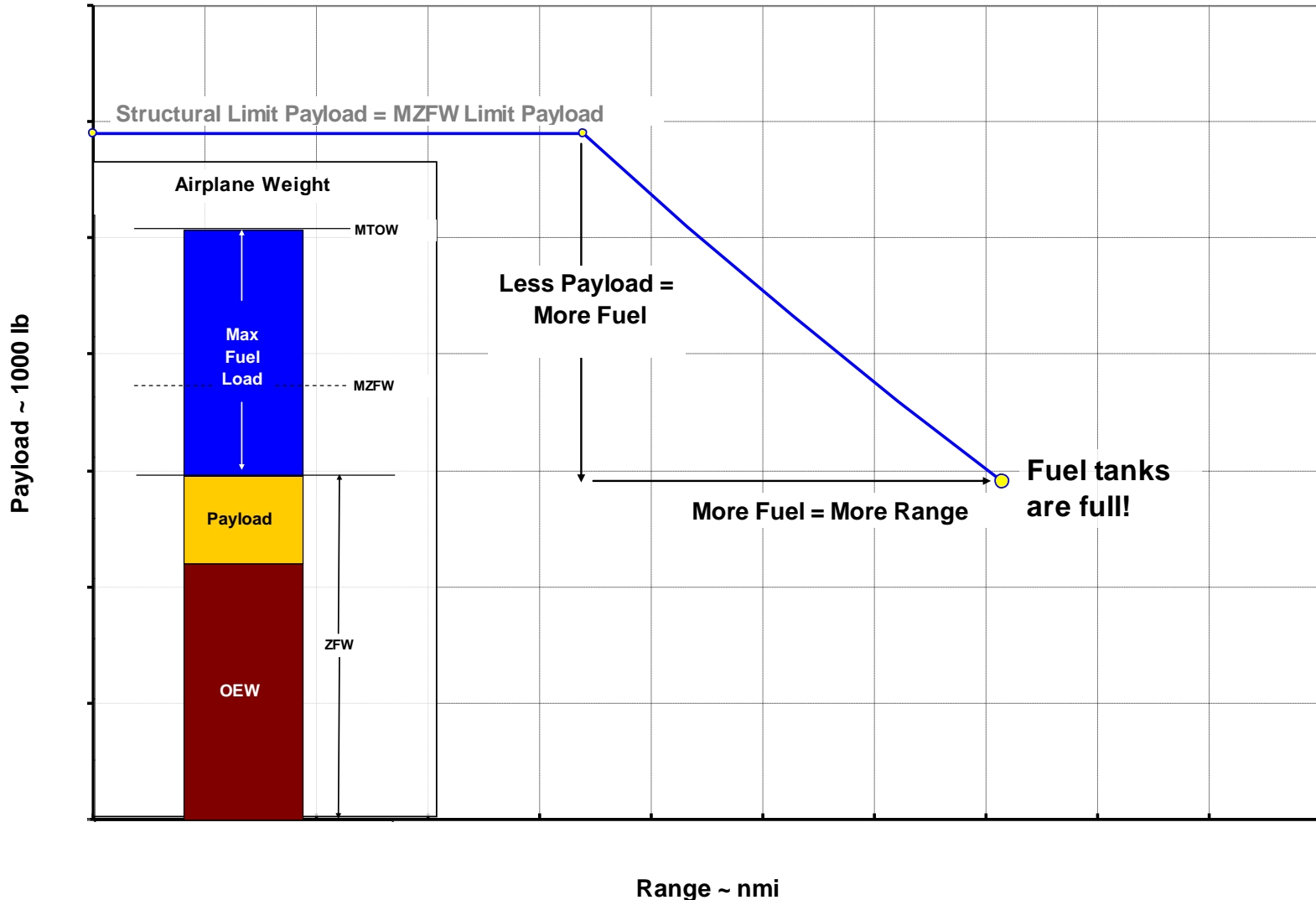




Gráfico de carga paga x alcance combustível máximo

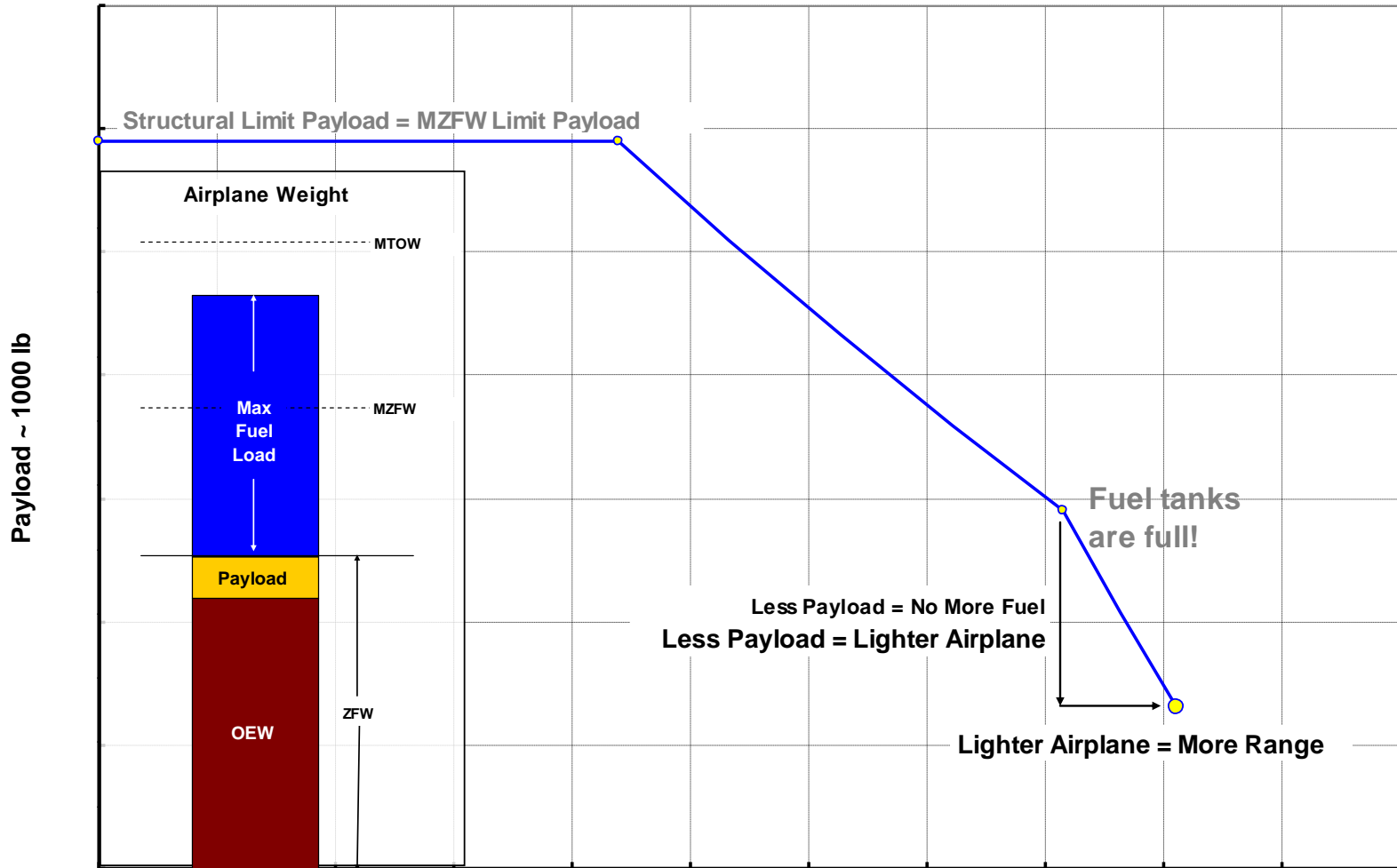




Gráfico de carga paga x alcance

Após estar com os tanque cheios, o alcance só pode aumentar se o avião estiver mais leve

menor peso → menor sustentação → menor arrasto → menor tração → menor consumo → maior alcance

É por isso que o gráfico não cai verticalmente no último trecho.

combustível máximo

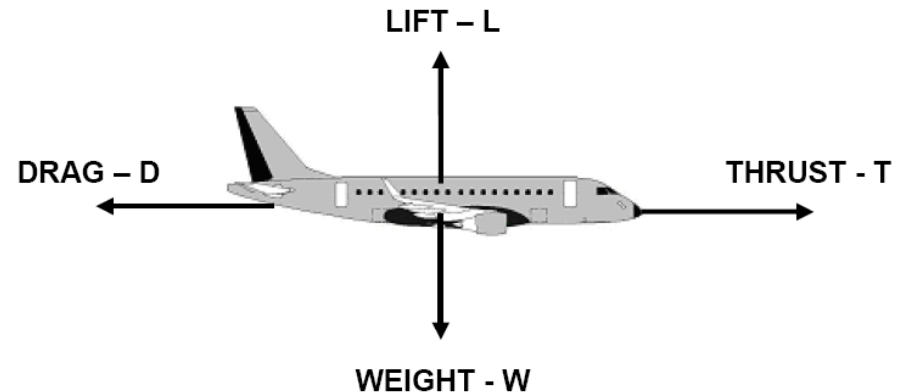
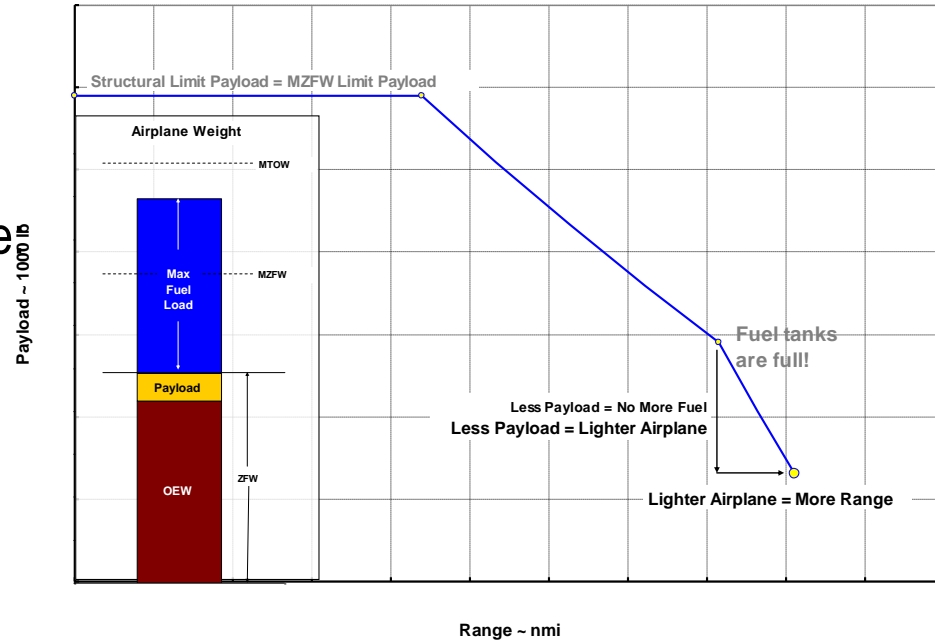




Gráfico de carga paga x alcance

máximo alcance absoluto – *ferry range*

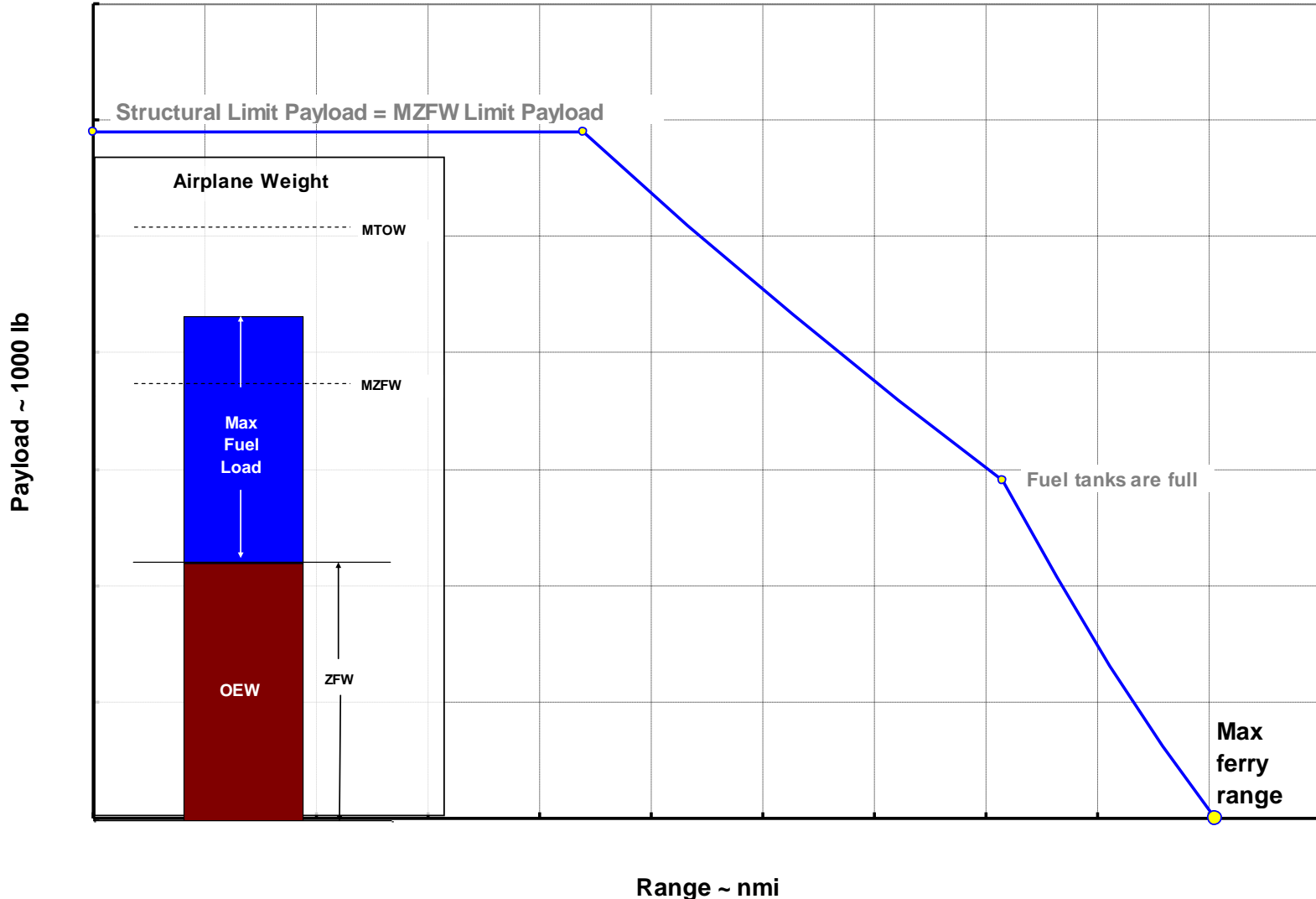




Gráfico de carga paga x alcance

- The performance capability depends on:
 - Airplane characteristics, and
 - How the airplane is loaded: how much fuel and how much payload
- The starting point: zero payload & zero fuel
- First, load payload up to the limit: this is the MZFW limit payload
- Next, load fuel up to MTOW limit
- Next, continue loading fuel (and off-loading payload) to Fuel Capacity Limit
- Next, continue off-loading payload until it's all gone
- The curve of range vs. payload that results is the Payload-Range curve.
 - The area inside the payload-range curve is **feasible performance**
 - The area outside the payload-range curve is **not feasible**



Gráfico de carga paga x alcance

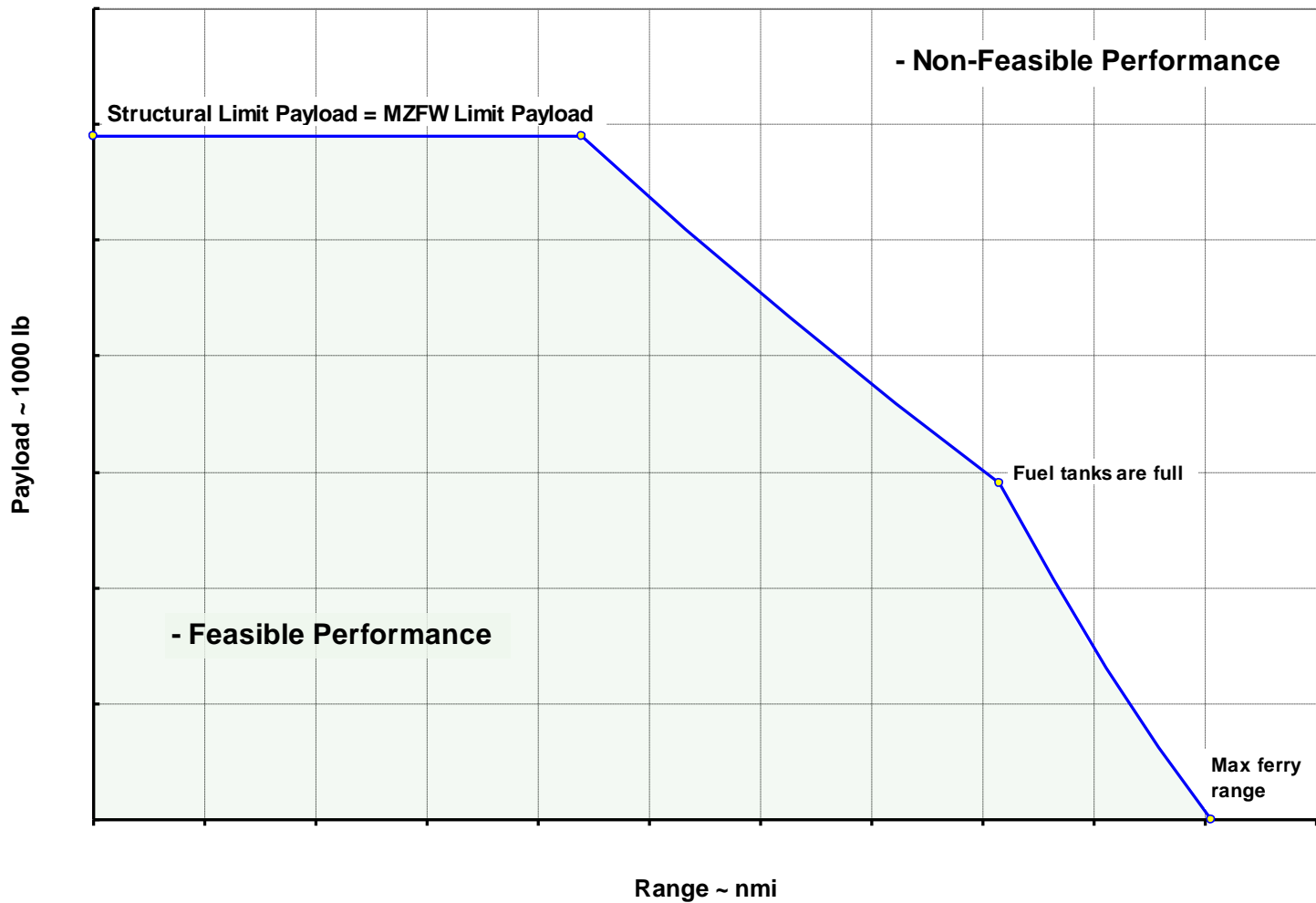




Gráfico de carga paga x alcance – resumo

-The Payload-Range Curve describes airplane performance at the most fundamental level:

- How much it can carry how far

-The shape of the Payload-Range Curve is defined by:

- Airplane design characteristics: MTOW, MZFW, Max Fuel Capacity

- Airplane efficiencies: OEW, (L/D), SFC



Subsistema de **pista(s)** de um sistema aeroporto

comprimento	m	tipo de avião	-	peso	-	meteorologia/ambiente	-	segurança
espessura	m	frequência de uso - carga no solo - resistência do solo						
quantidade	u	movimentos na hora-pico - ventos						
orientação	^o mag	ventos - topografia						

- tipo de avião missão → projeto → asa
- peso pesos característicos, gráfico de carga paga x alcance → pista
- meteorologia & ambiente
- segurança decolagem: normal + em pane + abortada

 aterragem



Gráfico de carga paga versus alcance

Forma

Limitantes **Peso Max Zero Comb – Peso Máx Estrut Dec – peso comb maximo**

Características **curvas de peso de decolagem constante**

Variáveis **carga paga – alcance – peso de decolagem**

Objetivo (do gráfico no planejamento aeroportuário) → **determinar o comprimento de pista**

gráfico de carga paga x alcance → peso de decolagem

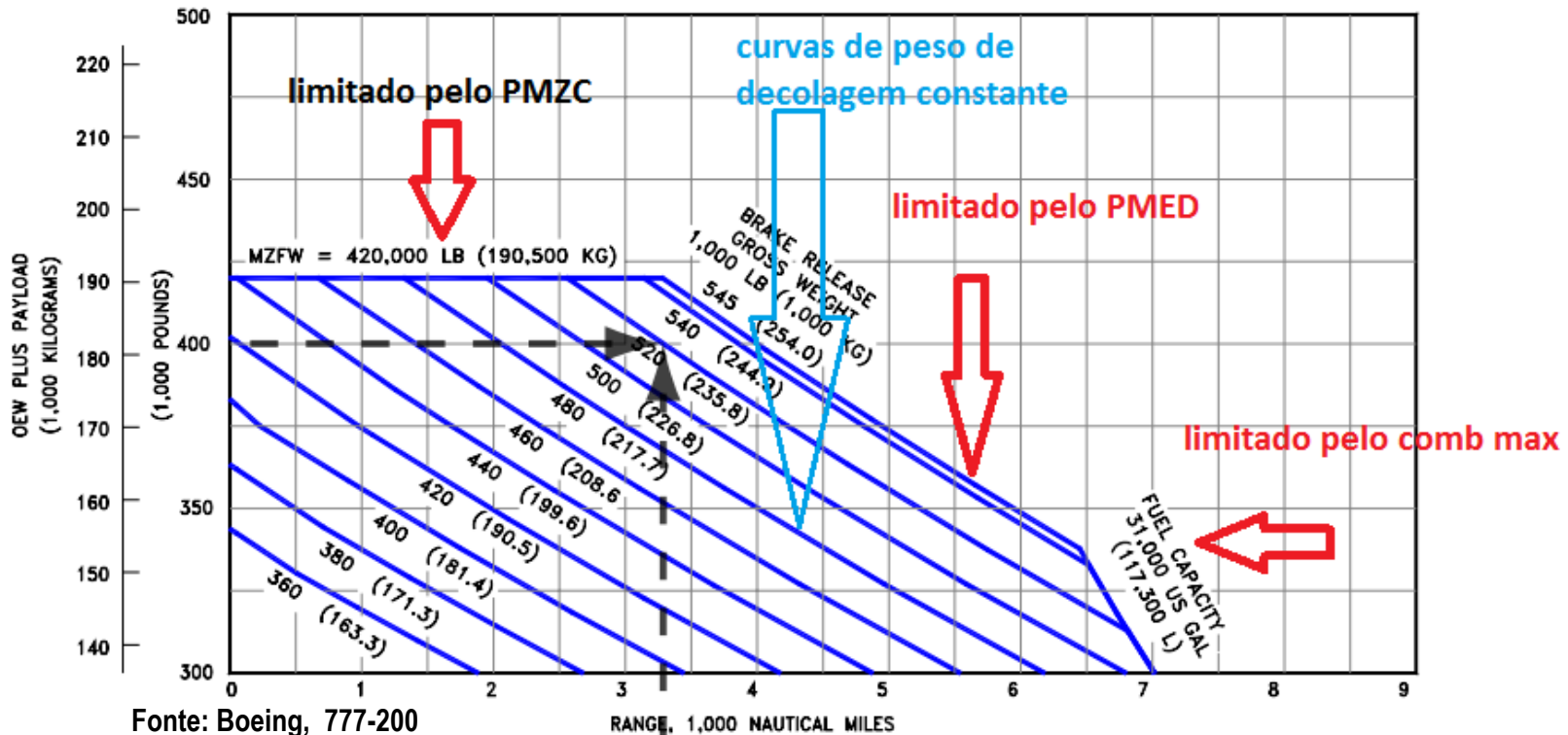
peso de decolagem + gráfico Peso Dec x pista → comprimento de pista !



Gráfico de carga paga x alcance

NOTES:

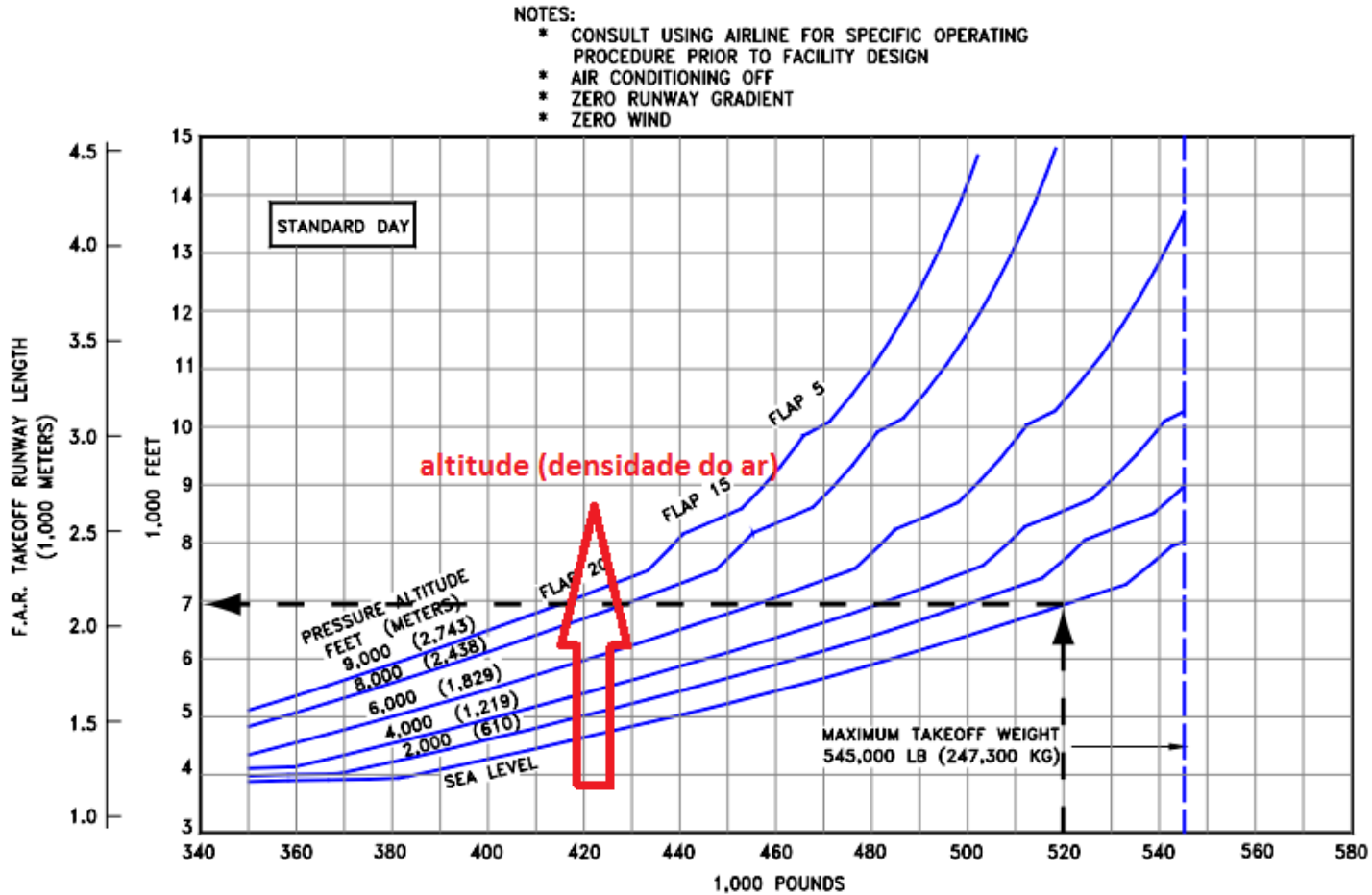
- * STANDARD DAY, ZERO WIND
- * 0.84 MACH STEP CRUISE
- * TYPICAL MISSION RULES
- * NORMAL POWER EXTRACTION AND AIR CONDITIONING BLEED
- * CONSULT USING AIRLINE FOR SPECIFIC OPERATING PROCEDURE AND OEW PRIOR TO FACILITY DESIGN



forma – limitantes (PMZC, PMED, comb max) – características (curvas iso-PD) – variáveis/dimensões (carga paga, alcance e peso de decolagem
carga paga (ou PBO + carga paga) 400 k lb – alcance 3.300 mn → peso de decolagem 520 k lb



Gráfico complementar – comprimento de pista x peso de decolagem



Fonte: Boeing, 777-200

PD (520 k lb) + gráfico de comprimento de pista x peso de decolagem → pista necessária = 7.000 ft = 2.150 m



Subsistema de **pista(s)** de um sistema aeroporto

comprimento **m** **tipo de avião - peso - meteorologia/ambiente - segurança**

espessura m frequência de uso - carga no solo - resistência do solo

quantidade u movimentos na hora-pico - ventos

orientação ° mag ventos - topografia

- tipo de avião missão → projeto → asa
- peso pesos característicos, gráfico de carga paga x alcance (→ pista)
- **meteorologia - ambiente**
- segurança decolagem (normal, em pane e abortada), aterragem



Aspectos meteorológico – ambientais

- Densidade do ar

- altitude

- +/- 300m → +/- 7% pista

- maior → densidade menor → pista maior

- para uma dada pista: altitude maior → peso menor

- temperatura

- +/- 1° C → +/- 1% pista

- maior → menor densidade → maior pista

- para uma dada pista: temperatura maior → peso menor

- Greide da pista

- +/- 1% greide → +/- 10% pista

- positivo → pista maior – negativo → pista menor

- Ventos

- de proa → pista menor – de cauda → pista maior

planejamento → comprimento de pista

operação (pista definida) → peso possível



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Aeroportos e Transporte Aéreo





Subsistema de **pista(s)** de um sistema aeroporto

comprimento **m** **tipo de avião** – **peso** – **meteorologia/ambiente** – **segurança**

espessura m frequência de uso - carga no solo - resistência do solo

quantidade u movimentos na hora-pico - ventos

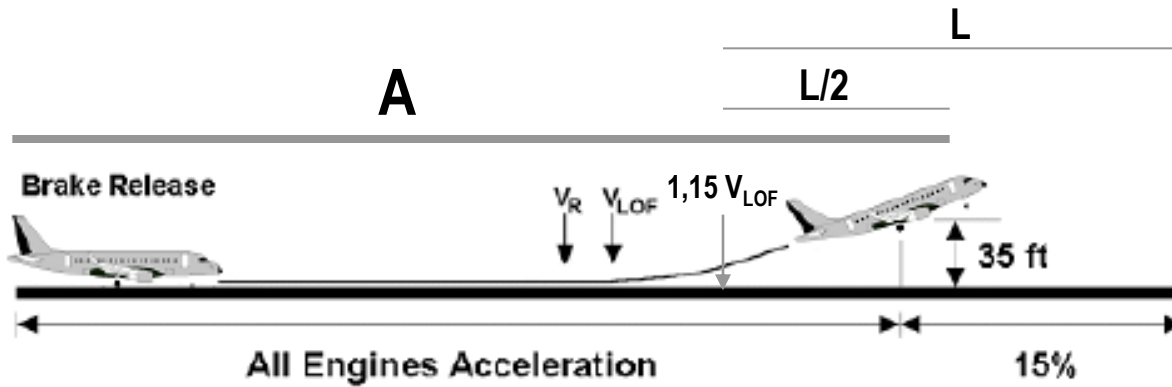
orientação ° mag ventos - topografia

- tipo de avião missão → projeto → asa
- peso pesos característicos, gráfico de carga paga x alcance → pista
- meteorologia & ambiente
- **segurança** **decolagem: normal + em pane + abortada**
aterragem



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Aeroportos e Transporte Aéreo



Decolagem normal

Decolagem em pane

Decolagem abortada



Decolagem normal

A

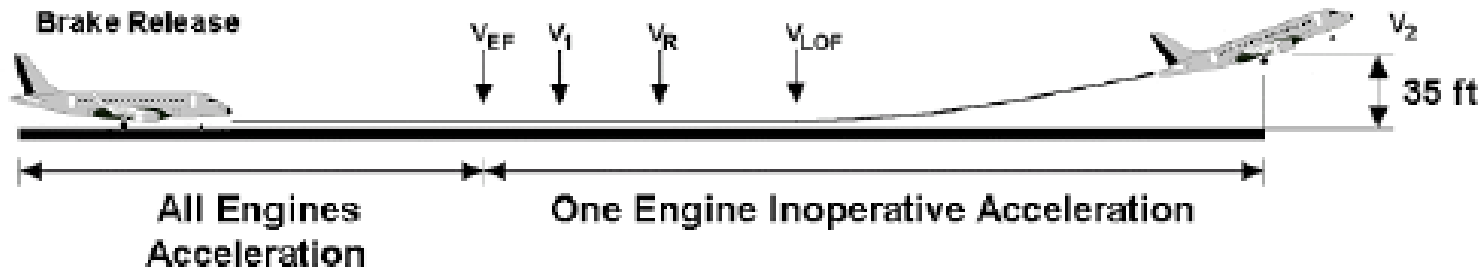


Decolagem em pane

B

$L'/2$

L'

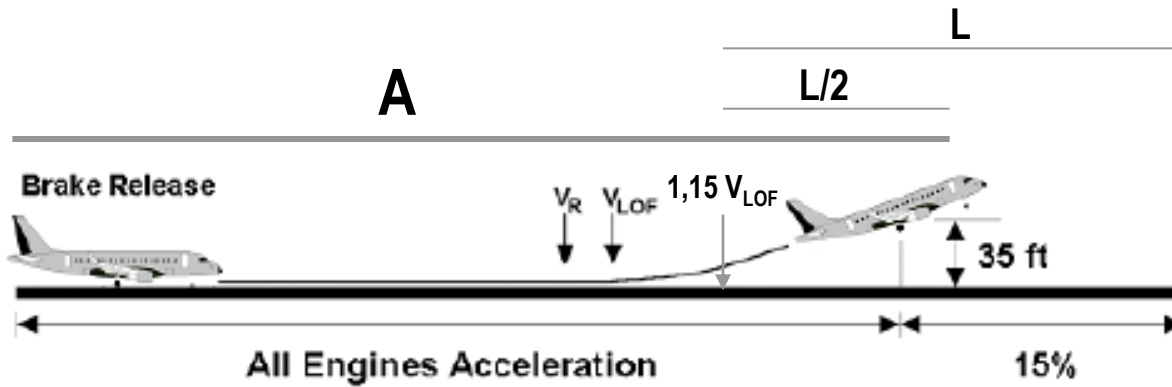


Decolagem abortada



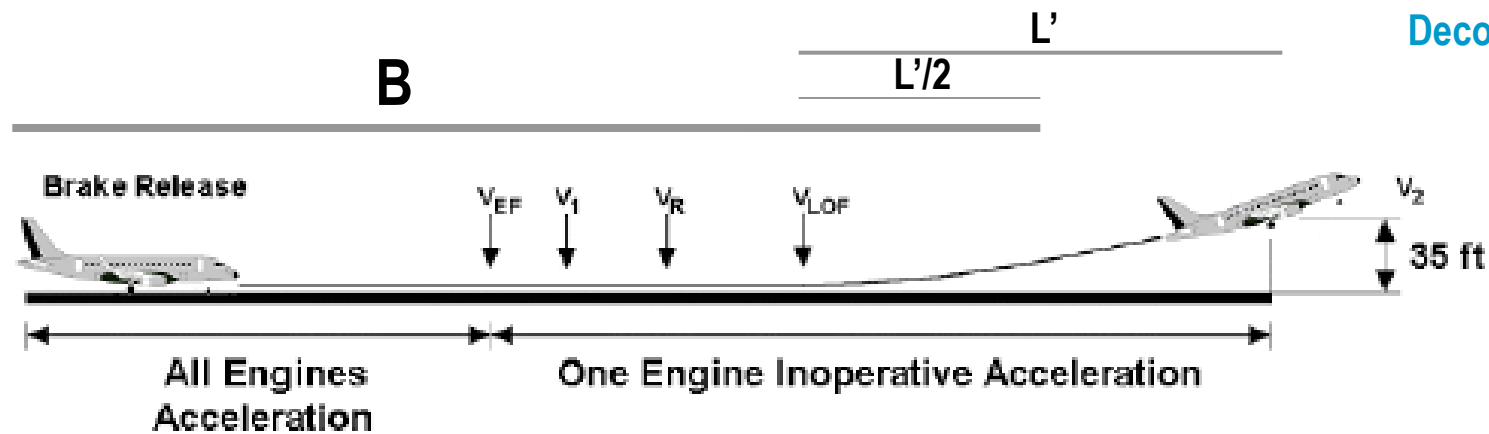
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Aeroportos e Transporte Aéreo



Decolagem normal

pista = max (A,B)



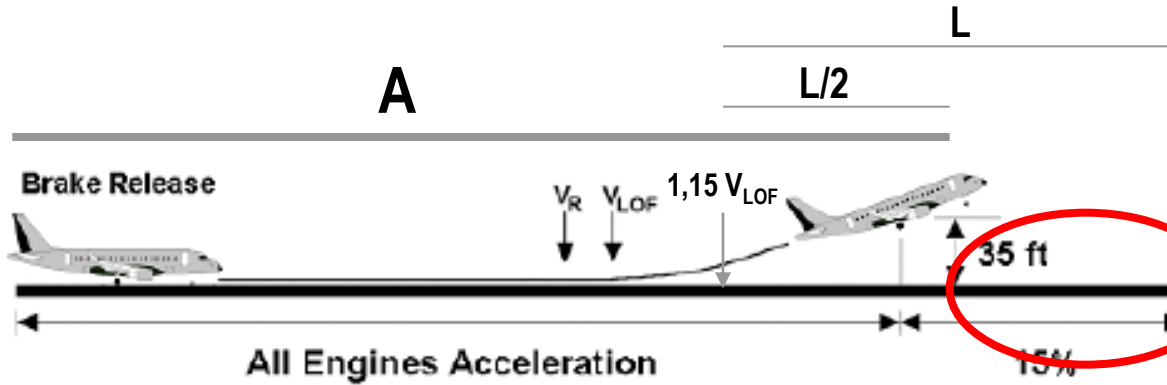
Decolagem em pane

Decolagem abortada



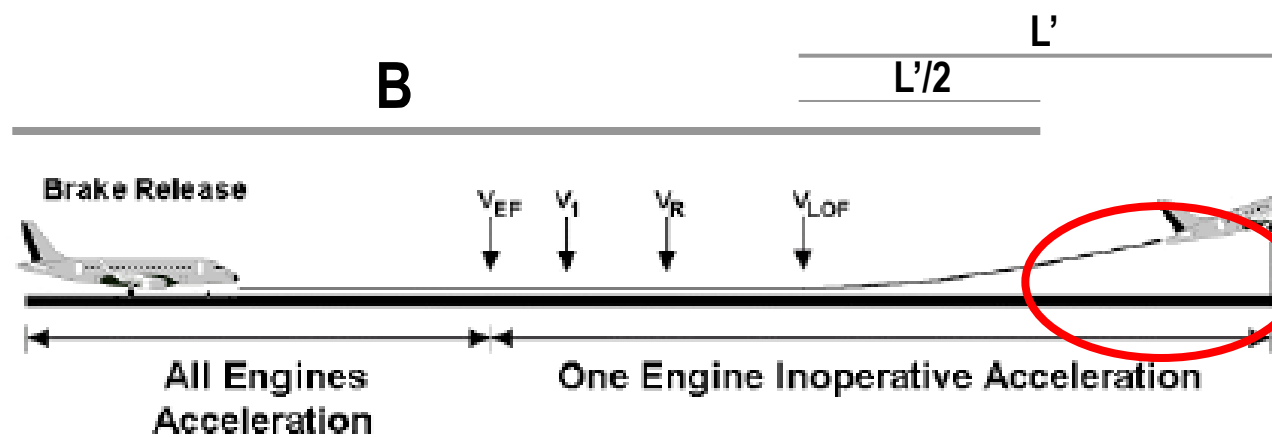
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Aeroportos e Transporte Aéreo



Decolagem normal

pista = max (A,B)



Decolagem em pane

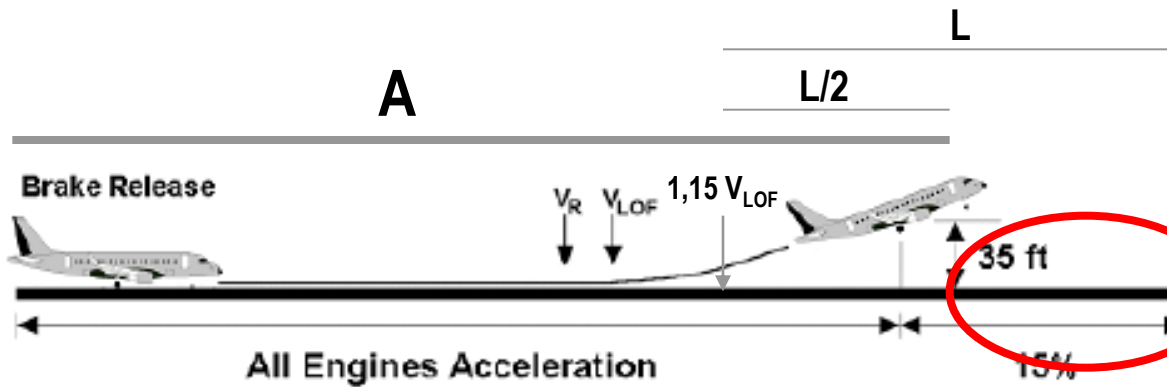
clearway

Decolagem abortada



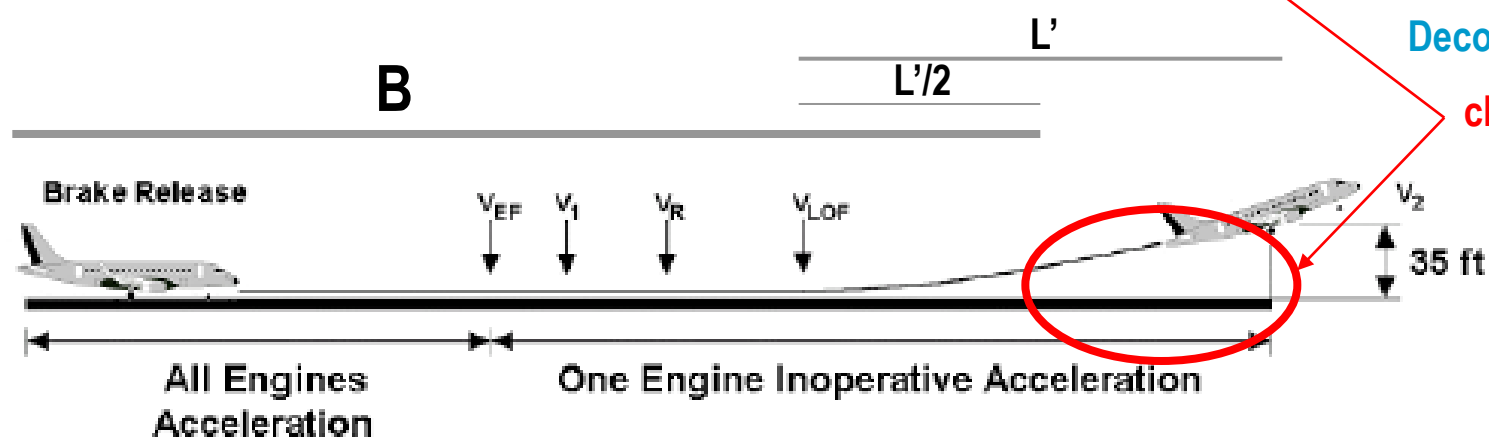
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Aeroportos e Transporte Aéreo



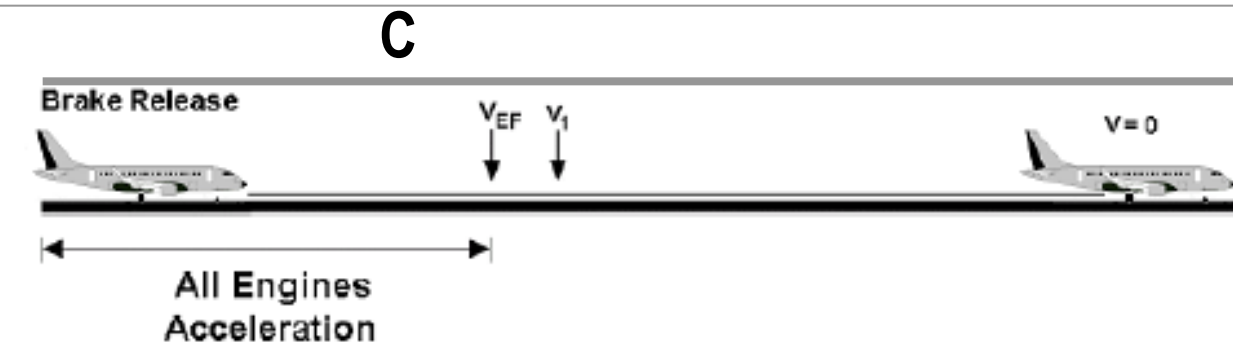
Decolagem normal

pista = max (A,B)



Decolagem em pane

clearway

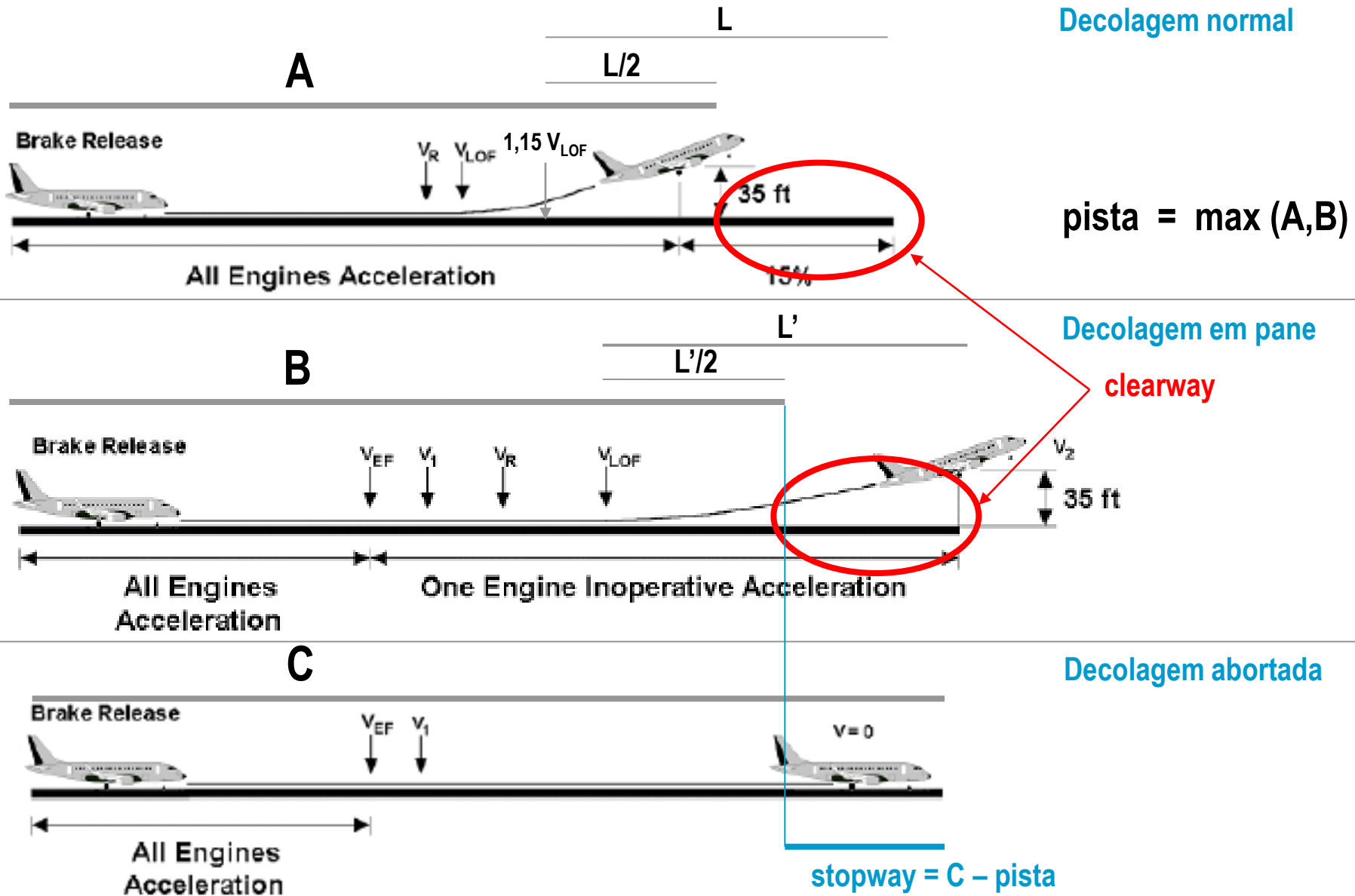


Decolagem abortada



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

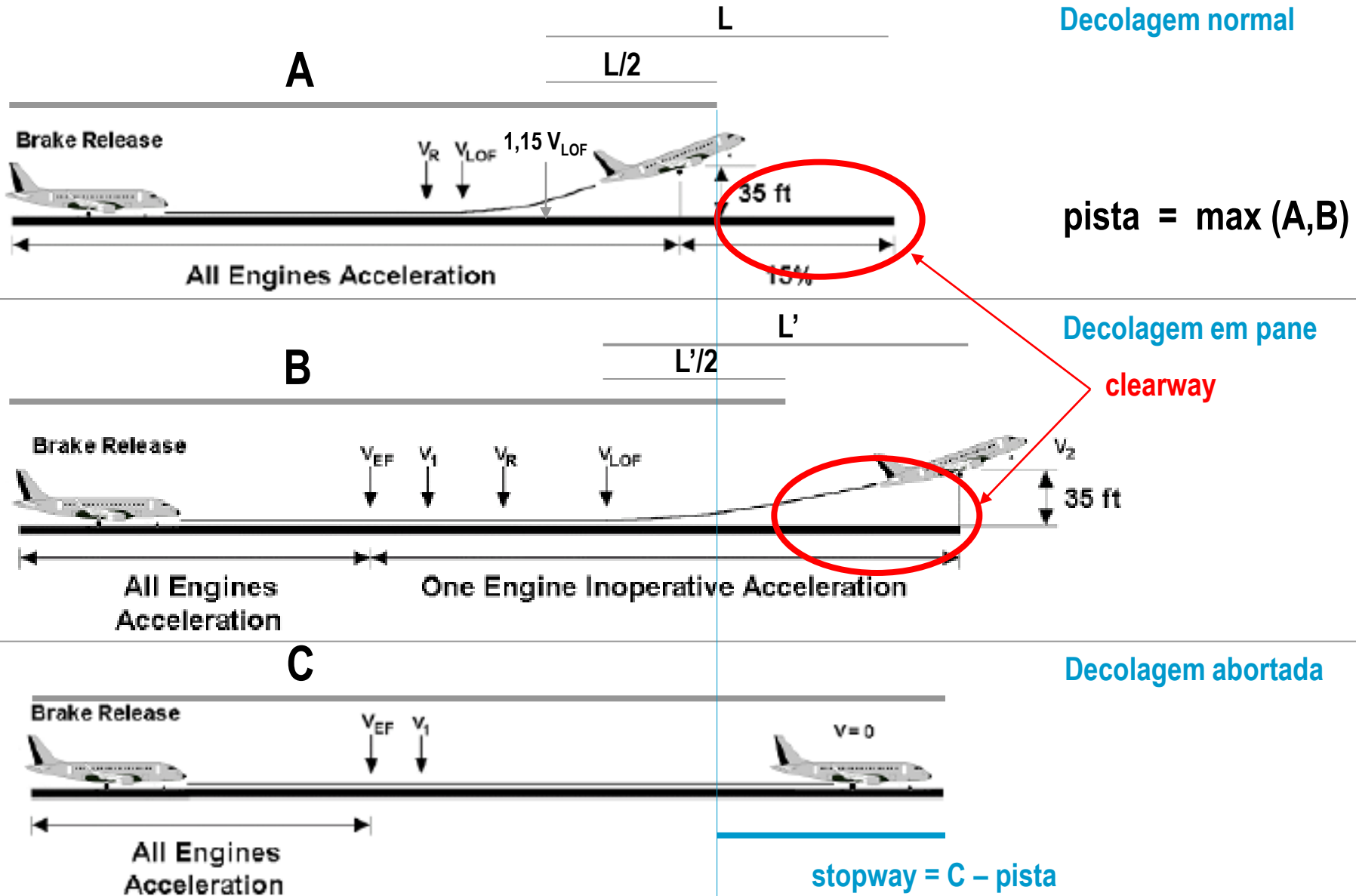
Aeroportos e Transporte Aéreo

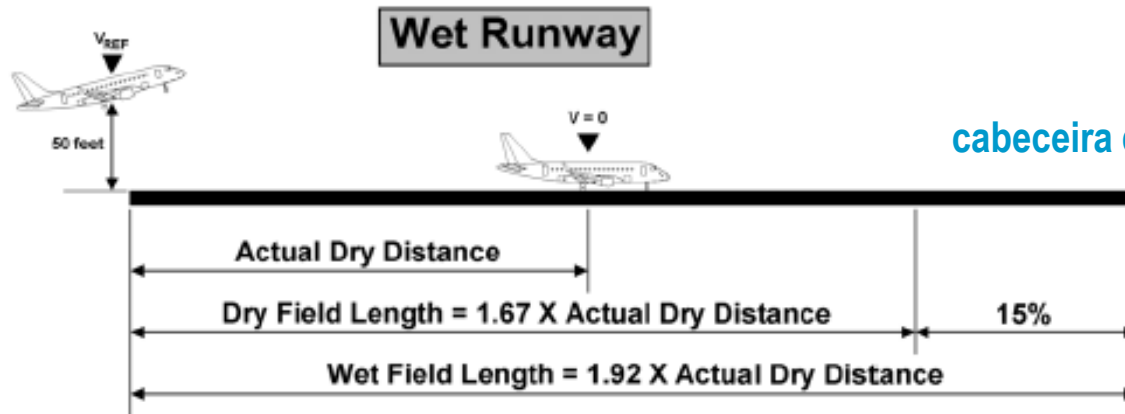
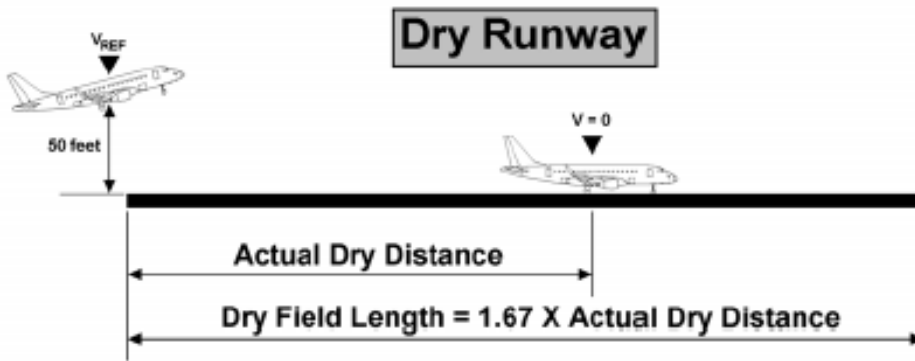




Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Aeroportos e Transporte Aéreo





Aterragem

$$\text{pista} = \max (A, B, D)$$

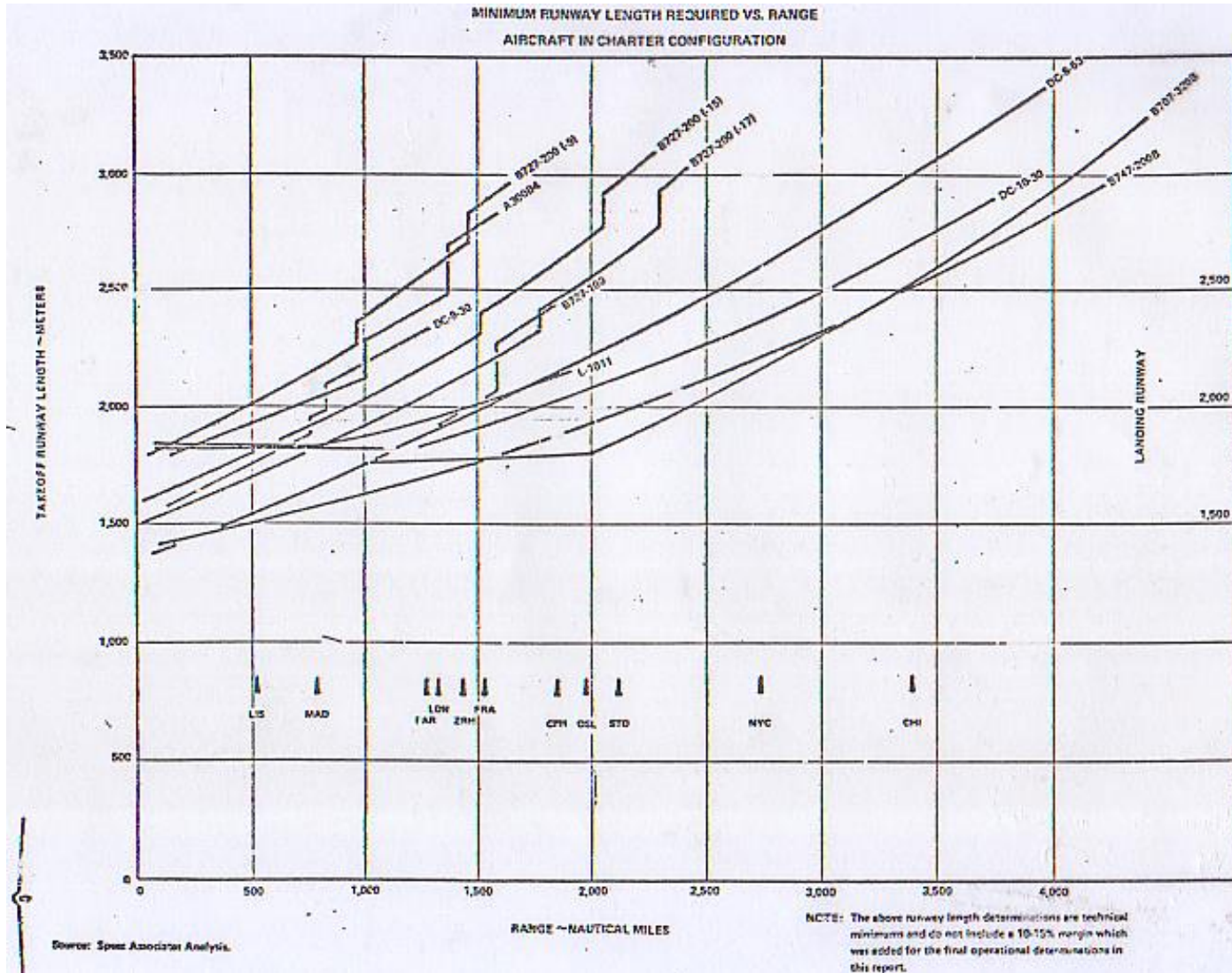
Normalmente, a pista necessária para aterragem é menor do que para decolagem

$$\text{cabeceira deslocada (máxima possível)} = \text{pista} - D$$

D

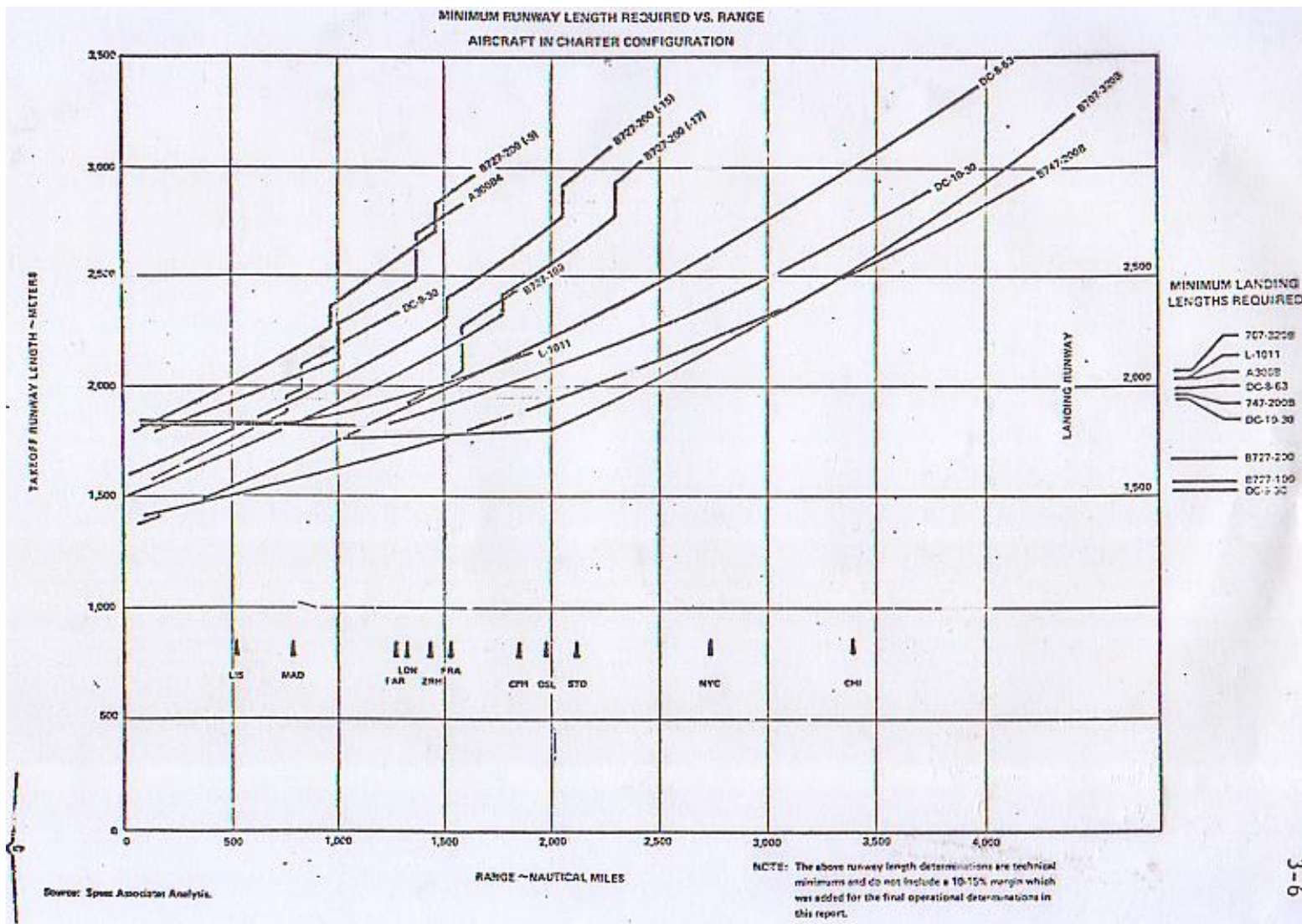


Comprimentos de pista necessários para operação em Funchal - Madeira ca. 1980





Comprimentos de pista necessários para operação em Funchal - Madeira ca. 1980





Comprimentos de pista

as pistas necessárias para aterrar

são normalmente **menores**

do que as pistas necessárias para decolar

→ pode-se colocar o início da pista de aterragem

depois do início da pista de decolagem

→ este procedimento é chamado de **deslocamento de cabeceira**

é usado para aumentar a segurança das aterragens:

evitando obstáculos na aproximação

melhorando as condições em caso de taludes na cabeceira (CGH) e ventos



Congonhas (CGH) – cabeceiras deslocadas e *clearways* das pistas 17L e 17R





Cabeceiras deslocadas e *clearways* em St. Maarten





Cabeceiras deslocadas e *clearways*





Comprimentos característicos de pista – ICAO

planejamento & projeto

aeronave crítica + etapa crítica → peso de decolagem
peso de decolagem + condições ambientais → comprimento de pista

operação de um aeroporto → certificação pela autoridade aeronáutica (ANAC)

→ definição dos **comprimentos característicos** de suas pistas

Em uma pista um engenheiro civil → uma pista
 um engenheiro aeronáutico → duas pistas
 um piloto → oito “pistas” comprimentos característicos

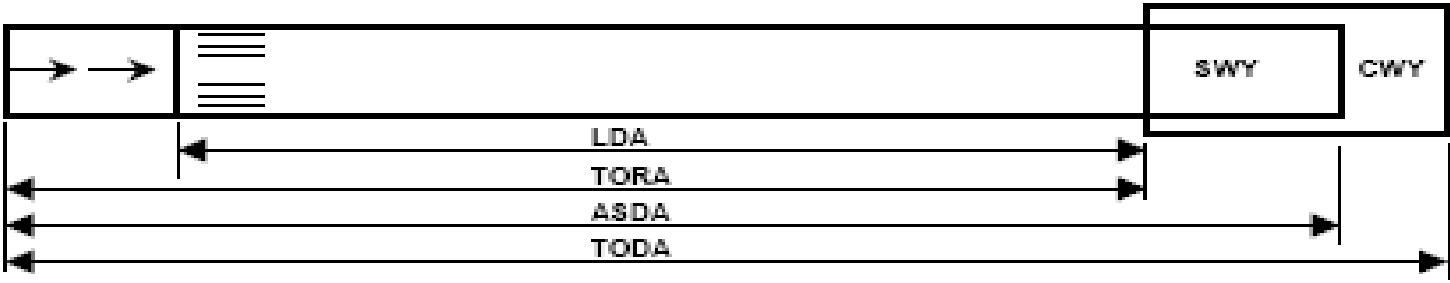


Comprimentos característicos de pista – ICAO

- TORA – take off run available = pista propriamente dita
- TODA – take off distance available = TORA + clearway
- ASDA – accelerate-stop distance available = TORA + stopway
- LDA – landing distance available = TORA – cabeceira deslocada

clearway área livre de obstáculos para ganho de altura
stopway área para parada em caso de decolagem abortada
cabeceira deslocada área de sobrevôo antes de aterrizar
 (turbulência menor – evita obstáculos)

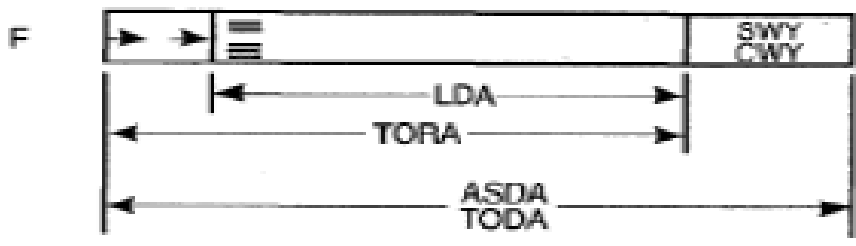
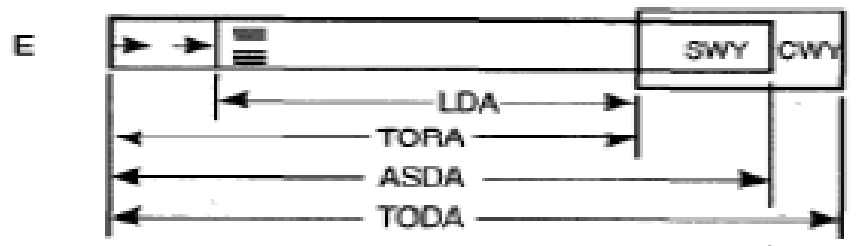
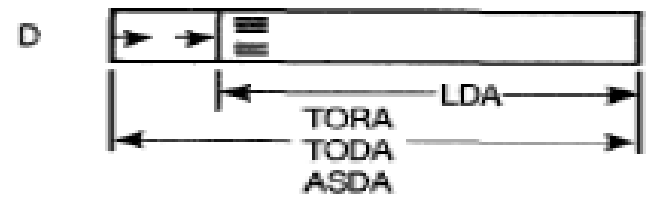
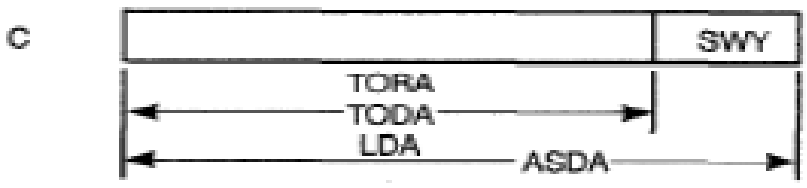
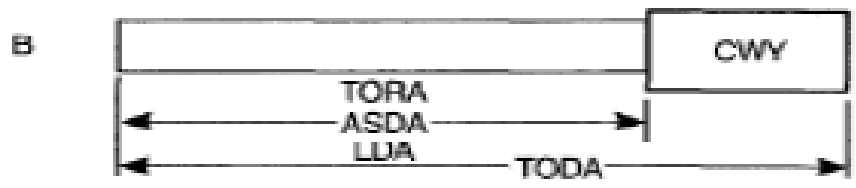
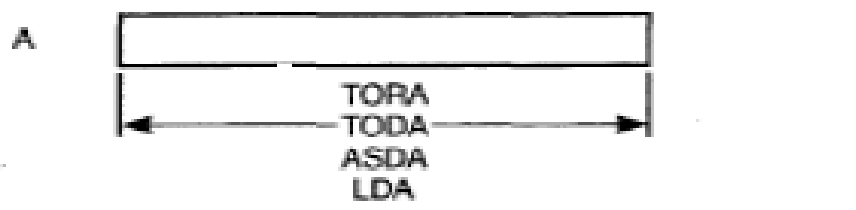
operação neste sentido →





Comprimentos característicos de pista – ICAO

operação neste sentido →



(All above declared distances are illustrated for operations from left to right)



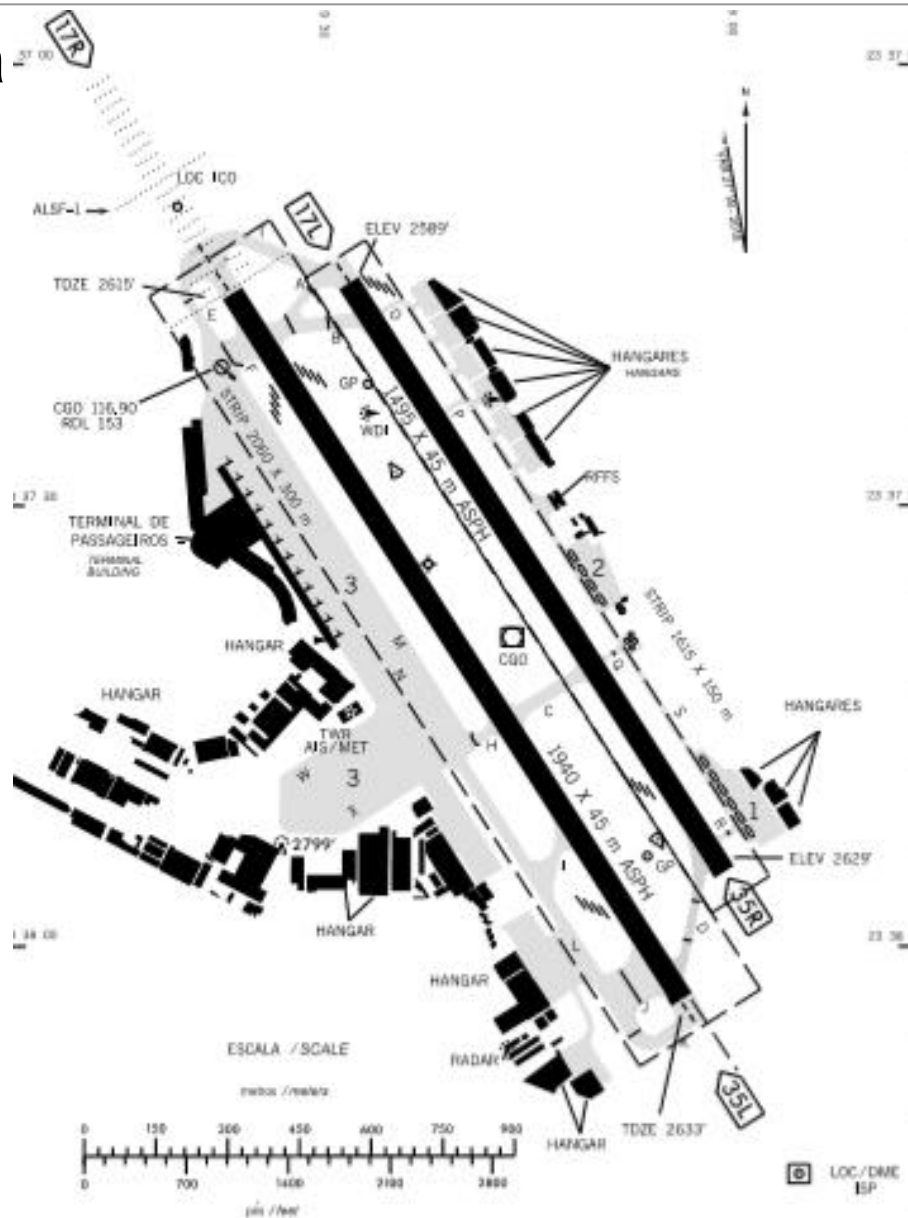
Comprimentos característicos de pista

distâncias declaradas

Congonhas CGH IATA SBSP ICAO

ADC – Aerodrome chart folha 1

duas pistas
1.940 m
1.495 m





Comprimentos característicos de pista – distâncias declaradas

Congonhas CGH IATA SBSP ICAO

ADC – Aerodrome chart

folha 2 parcial

17R

TODA = 1.940 m

TORA = 1.790 m

1.940 – 1.790 = 150 m
clearway

ASDA = 1.790 m

1.940 – 1.790 = 150 m
stopway

LDA = 1.790 m

1.940 – 1.790 = 150 m
cabeceira deslocada

ADC- SBSP: INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES / COMPLEMENTARY INFORMATION

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS / PHYSICAL CHARACTERISTICS												
PISTA RUNWAY				DIMENSÕES(m) DIMENSIONS (m)					PCN	TIPO DE SUPERFÍCIE SURFACE KIND		
RWY	BRG MAG	Tipo	RCD	RWY	SWY	CWY	STRIP	RESA	RWY	RWY	SWY	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
17R	169	PA-1	3	1940X45			2060 X 300		50/F/B/X/T	ASPH		
35L	349	PA-1	3									
17L	169	NPA	2	1495X45			1615 X 150		38/F/B/X/U	ASPH		
35R	349	NPA	2									
DISTÂNCIAS DECLARADAS, AUXÍLIOS VISUAIS E COORDENADAS DAS CABECEIRAS DECLARED DISTANCES, VISUAL AIDS AND THRESHOLD COORDINATES												
RWY	TORA(m)	TODA(m)	ASDA(m)	LDA(m)	AUXÍLIOS / AIDS		ALTURA GEOIDAL(m) GEOID HEIGH		COORDENADAS COORDINATES			
17R	1790	1940	1790	1660	PAPI (2,87°)	ALSF-1	- 2,22		S23 37 16 W046 39 37			
35L	1790	1940	1790	1660	PAPI		- 2,23		S23 38 04 W046 39 04			
17L	1345	1345	1345	1195	PAPI		- 2,22		S23 37 15 W046 39 29			
35R	1345	1345	1345	1195	PAPI		- 2,23		S23 37 54 W046 39 02			



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Aeroportos e Transporte Aéreo

Comprimentos de pista necessários para operação em Funchal - Madeira ca. 1980



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Aeroportos e Transporte Aéreo

Comprimentos de pista necessários para operação em Funchal - Madeira ca. 1980



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Aeroportos e Transporte Aéreo

Comprimentos de pista necessários para operação em Funchal - Madeira ca. 1980



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Aeroportos e Transporte Aéreo





Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Aeroportos e Transporte Aéreo

