



Projeto Geométrico de Pistas

Critérios dimensionais



→ **orientam e padronizam projetos – visando segurança e economia**

variação de greides/larguras de pista

→ possíveis percepções erradas

→ ***undershooting*** – pousar antes da pista

→ **overrunning** – passar o fim da pista

→ existem porque, ao longo do tempo, variam

pilotagem
meteorologia
aviões

→ baseiam-se em

comprimento de pista
envergadura do avião crítico



Critérios dimensionais – Anexo 14 da OACI

Table 1-1. Aerodrome reference code
(see 1.6.2 to 1.6.4)

Code element 1		Code element 2	
Code number (1)	Aeroplane reference field length (2)	Code letter (3)	Wing span (4)
1	Less than 800 m	A	Up to but not including 15 m
2	800 m up to but not including 1 200 m	B	15 m up to but not including 24 m
3	1 200 m up to but not including 1 800 m	C	24 m up to but not including 36 m
4	1 800 m and over	D	36 m up to but not including 52 m
		E	52 m up to but not including 65 m
		F	65 m up to but not including 80 m



Critérios dimensionais – RBAC 154 da ANAC

RBAC – Regulamento Brasileiro de Aviação Civil

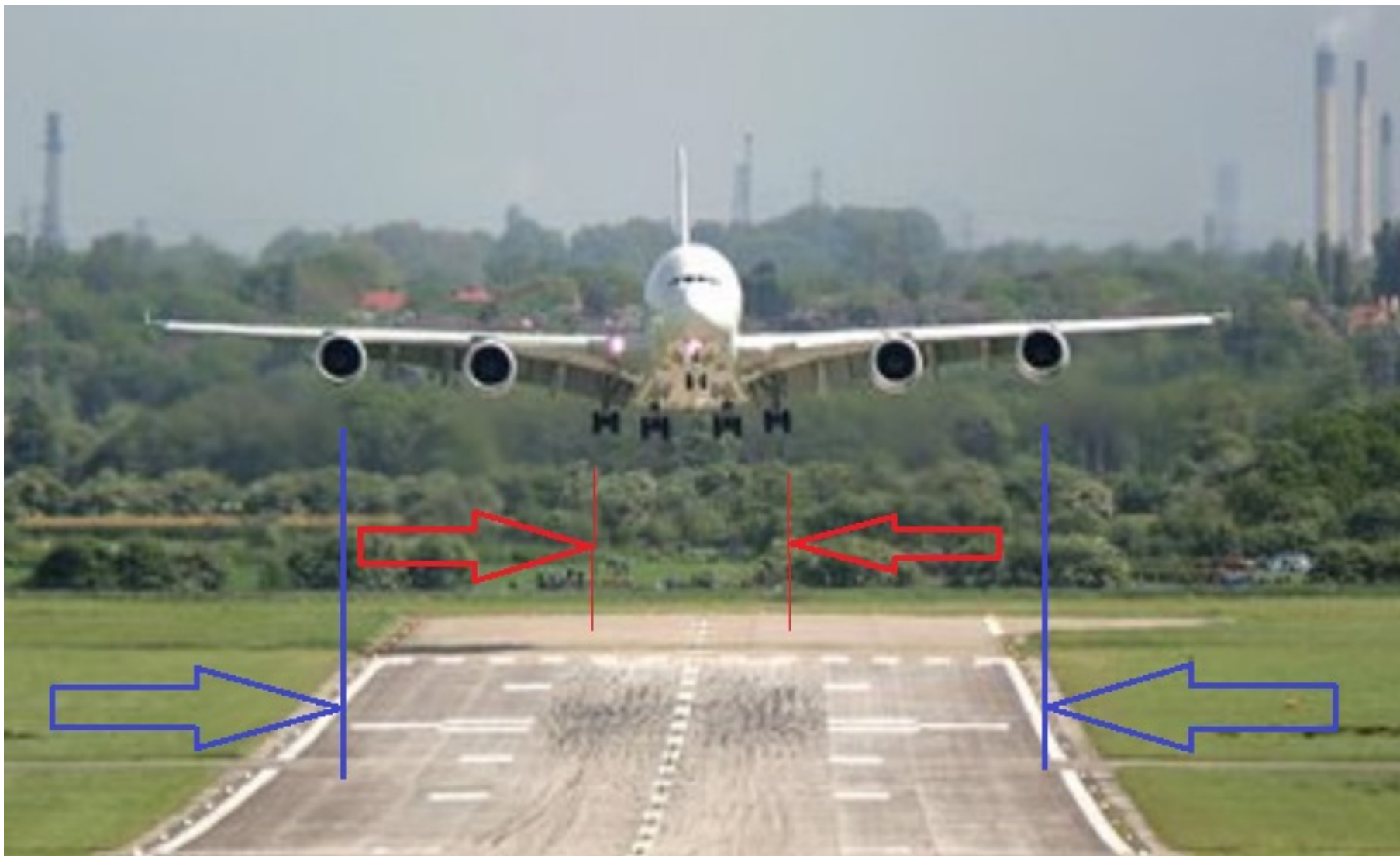
Tabela A-1 Código de referência do aeródromo (Alterado pela Resolução nº 465, de 13.03.2018)

Elemento 1 do Código	
Número do código	Comprimento básico de pista requerido pela aeronave
1	menor que 800 m
2	maior ou igual a 800 m e menor que 1200 m
3	maior ou igual a 1200 m e menor que 1800 m
4	maior ou igual a 1800 m
Elemento 2 do Código	
Letra do código	Envergadura
A	menor que 15 m
B	maior ou igual a 15 m e menor que 24 m
C	maior ou igual a 24 m e menor que 36 m
D	maior ou igual a 36 m e menor que 52 m
E	maior ou igual a 52 m e menor que 65 m
F	maior ou igual a 65 m e menor que 80 m



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Aeroportos e Transporte Aéreo

Largura de pista





Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

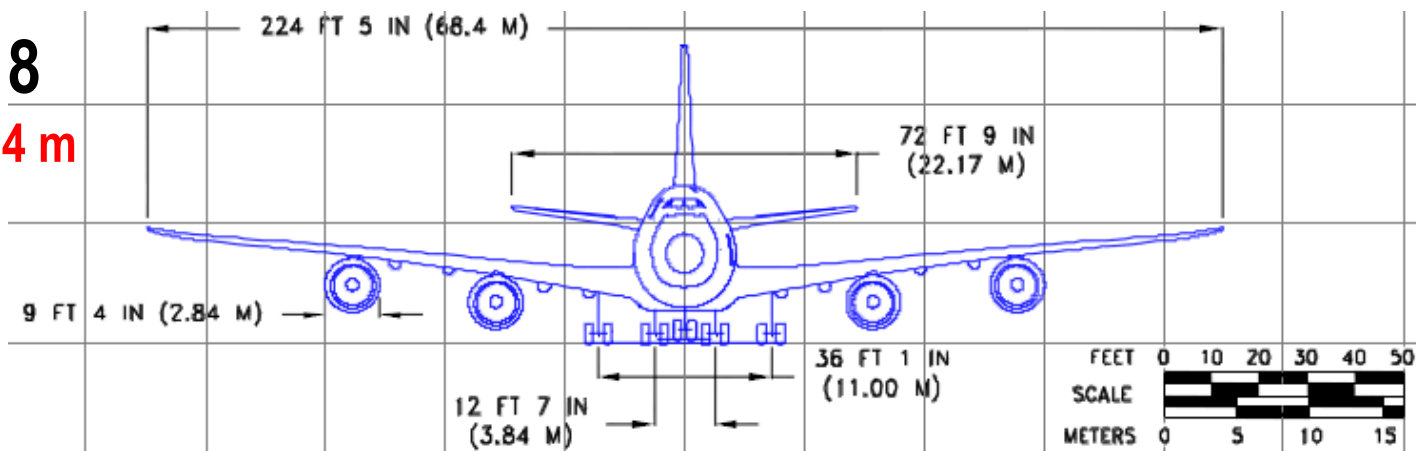
Aeroportos e Transporte Aéreo

Boeing 747-8

envergadura 68,4 m

quadrícula ~ 8 m x 8 m

F

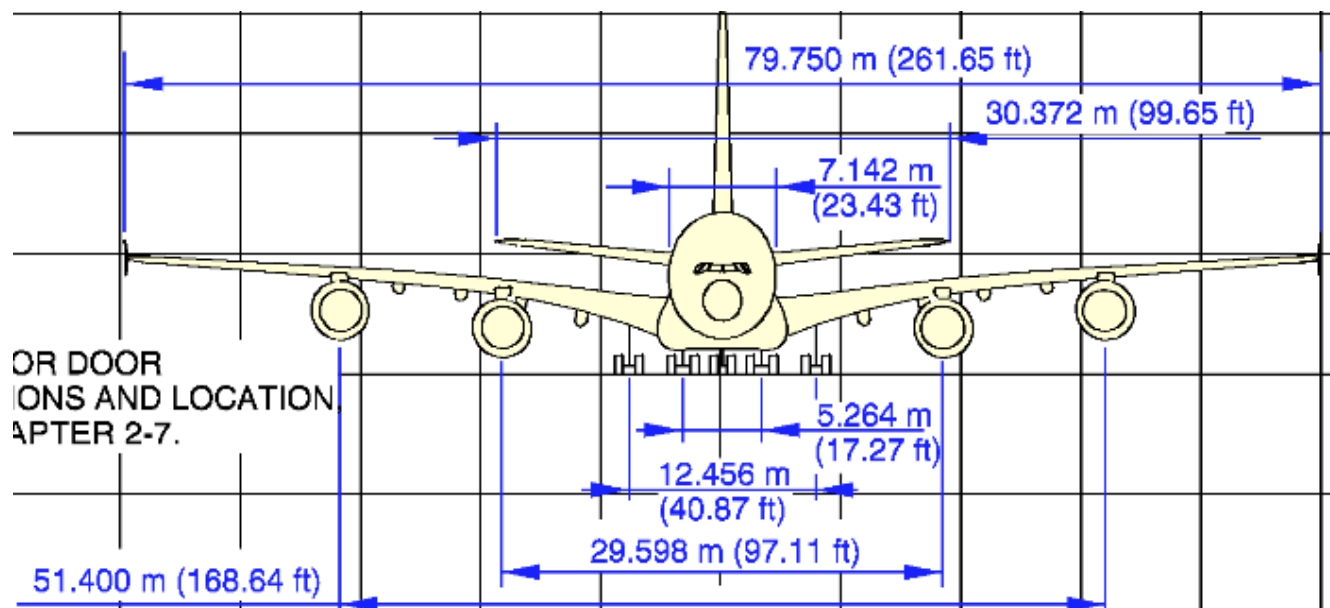


Airbus A 380

envergadura 79,7 m

quadrícula 8 m x 8 m

F



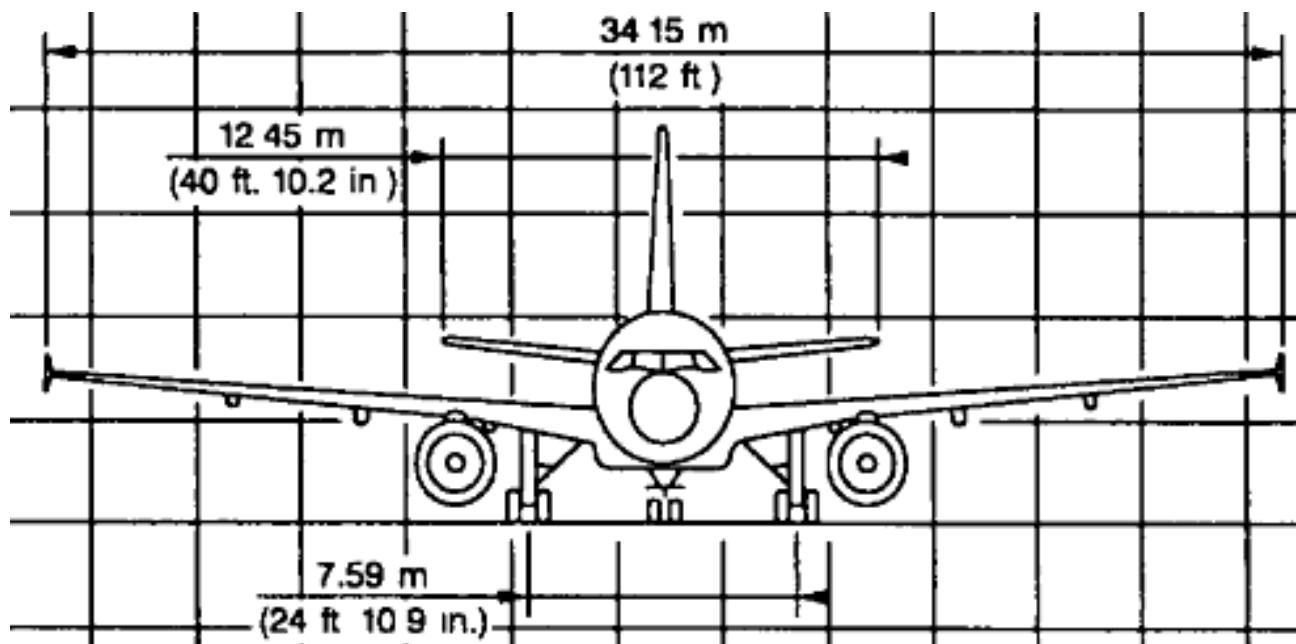


Airbus A 321

envergadura 34,1 m

quadrícula 3 m x 3 m

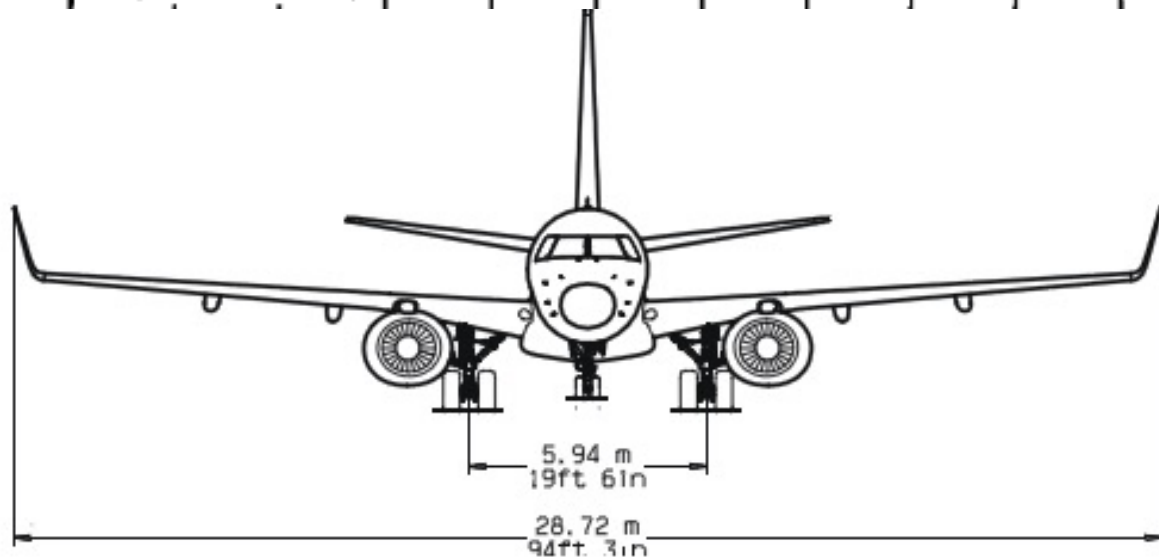
c/D



Embraer E - 195

envergadura 28,7 m

C



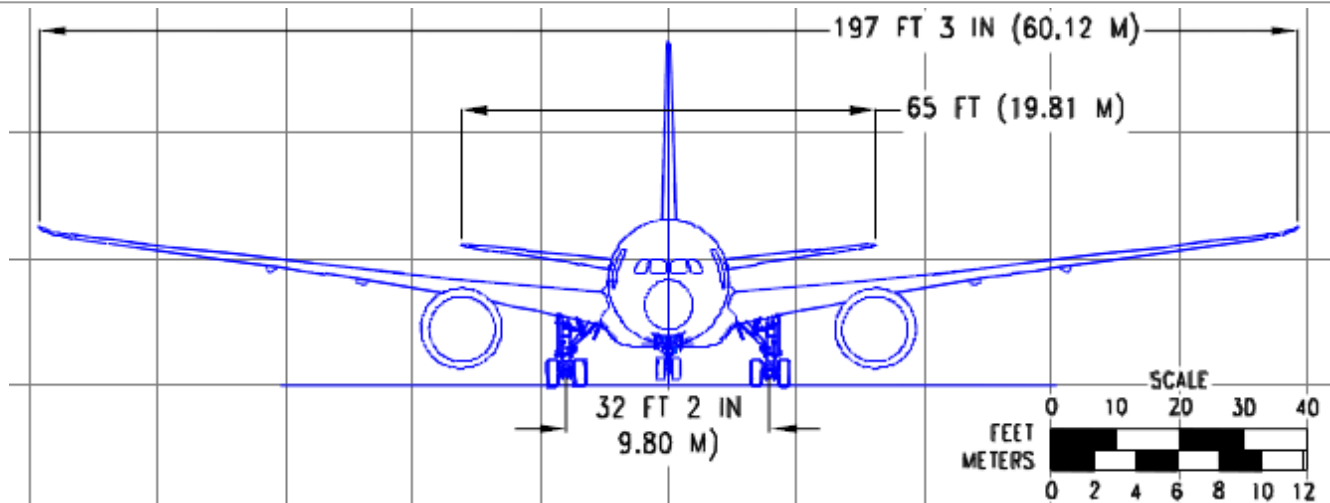


Boeing 787

envergadura 60,1 m

quadrícula 6 m x 6 m

E

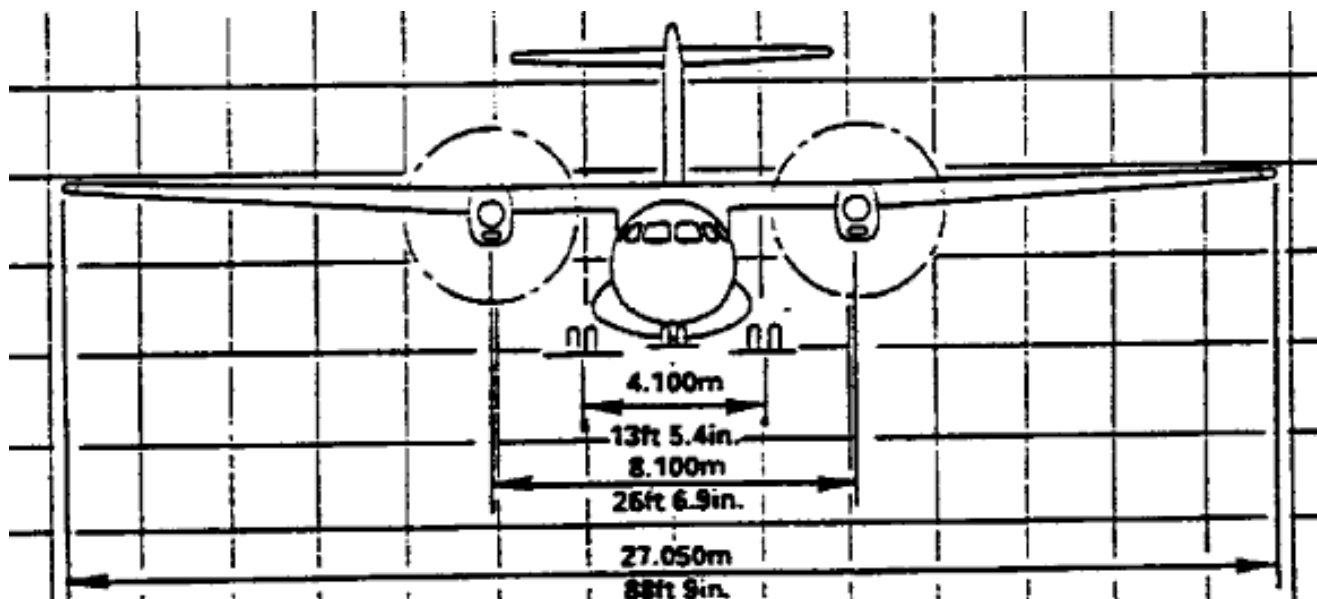


ATR – 72/42

envergadura 27,0 m

quadrícula 2 m x 2 m

B





Crítérios dimensionais – larguras de pista e de faixas de pista

categoria da pista - ICAO/OACI	1	2	3	4
tipo de aproximação	FAIXA DE PISTA - LARGURA (m)			
aproximação por instrumentos de precisão ILS	150		300	
aproximação por instrumentos de não-precisão NDB-VOR	150		300	
sem aproximação por instrumentos -	60	80	150	

Comprimento da faixa de pista (**padrão**) → cat. 2, 3 e 4 = +60 m da cabeceira – cat. 1 = + 60m /+30m (inst/não)

LARGURA MÍNIMA DE PISTA (m)						
código ICAO número	código ICAO - letra					
	A	B	C	D	E	F
1	18	18	23			
2	23	23	30			
3	30	30	30	45		
4			45	45	45	60

padrão - recomendação



Critérios dimensionais – greides de pista e RESA's

categoria da pista - ICAO	1	2	3	4
GREIDES DE PISTA	valores máximos (%)			
total	2		1	
local	2		1,5	1,25
mudança de greide	2		1,5	

Área de segurança de extremidade de pista – “runway end safety area”

pistas categorias 3 e 4 → obrigatórias

pistas categorias 1 e 2 → obrigatórias se há operações por instrumentos

Comprimento de **RESA**

mínimo obrigatório 90 m

recomendação 120 m categorias 1 e 2

240 m categorias 3 e 4



Critérios dimensionais – separações entre pistas paralelas

categoria da pista - ICAO/OACI	1	2	3	4
tipo de operação em pistas paralelas	SEPARAÇÃO ENTRE PISTAS (lc - m)			
uso simultâneo de pistas não instrumentais	120	150	210	
aproximações independentes	1.053			
aproximações dependentes	915			
decolagens/partidas independentes	760			
operações segregadas (aterragens e decolagens separadas)	760			

Pistas paralelas decaladas (*staggered* ou em baioneta) – separações:

- reduzidas em 30 m a cada 150 m que a cabeceira de aterragens for deslocada no sentido das aterragens – separação mínima de 300 m
- aumentadas em 30 m a cada 150 m que a cabeceira de aterragens for deslocada no sentido contrário ao das aterragens



CrITÉRIOS dimensionais – Anexo 14 da OACI

Largura de pistas – recomendação

Outer Main Gear Wheel Span (OMGWS)				
Code number	Up to but not including 4.5 m	4.5 m up to but not including 6 m	6 m up to but not including 9 m	9 m up to but not including 15 m
1 ^a	18 m	18 m	23 m	–
2 ^a	23 m	23 m	30 m	–
3	30 m	30 m	30 m	45 m
4	–	–	45 m	45 m

a. The width of a precision approach runway should be not less than 30 m where the code number is 1 or 2.

Separações de pistas

- 1 035 m for independent parallel approaches;
- 915 m for dependent parallel approaches;
- 760 m for independent parallel departures;
- 760 m for segregated parallel operations;

Greides longitudinais

3.1.12 Longitudinal slopes

Recommendation.— The slope computed by dividing the difference between the maximum and minimum elevation along the runway centre line by the runway length should not exceed:

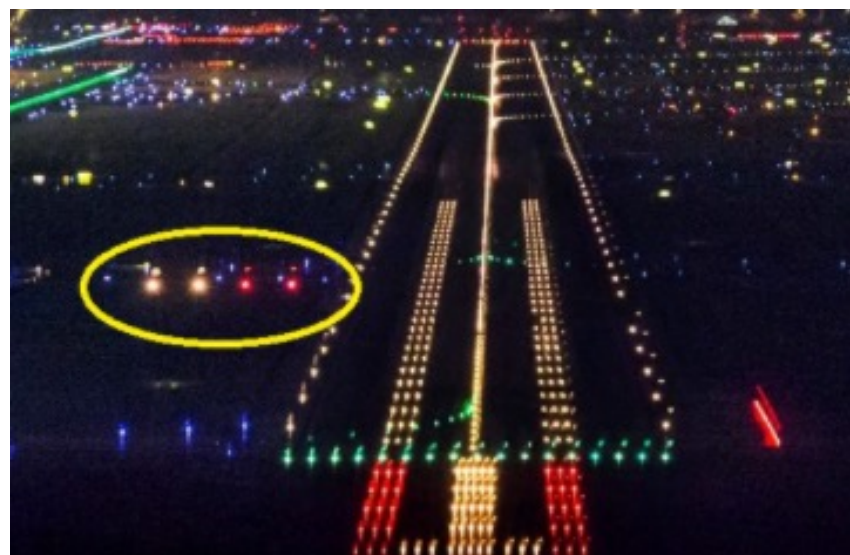
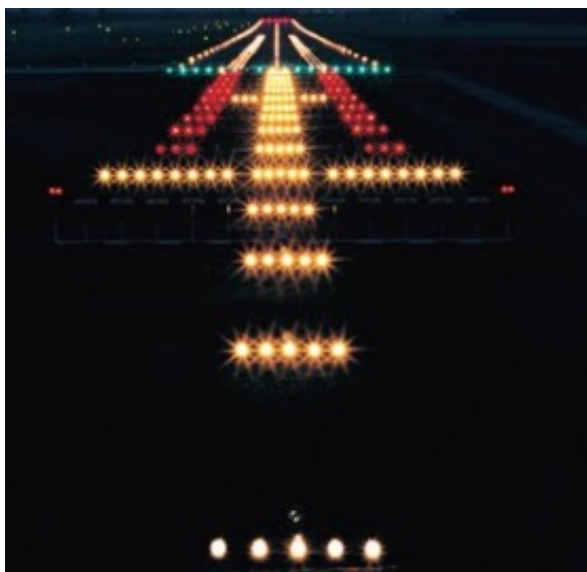
- 1 per cent where the code number is 3 or 4; and
- 2 per cent where the code number is 1 or 2.

3.1.13 Recommendation.— Along no portion of a runway should the longitudinal slope exceed:

- 1.25 per cent where the code number is 4, except that for the first and last quarter of the length of the runway the longitudinal slope should not exceed 0.8 per cent;
- 1.5 per cent where the code number is 3, except that for the first and last quarter of the length of a precision approach runway category II or III the longitudinal slope should not exceed 0.8 per cent; and
- 2 per cent where the code number is 1 or 2.

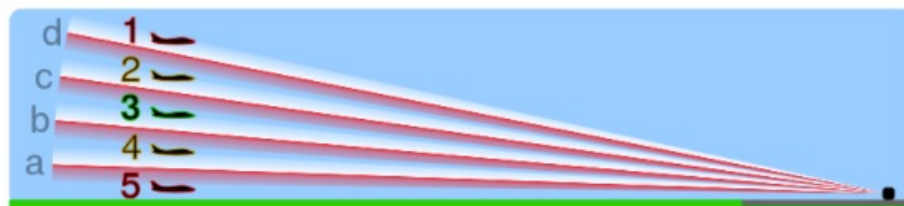
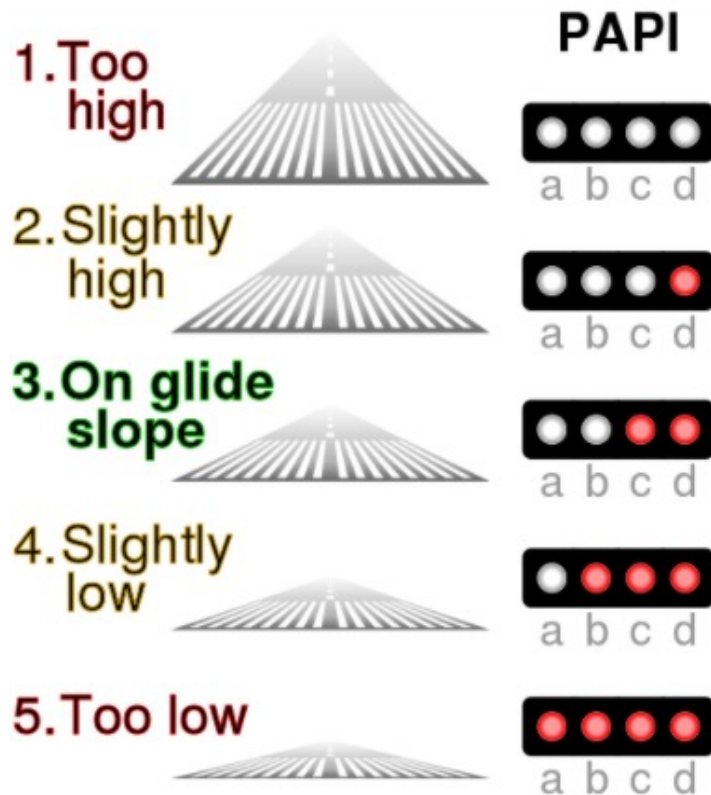
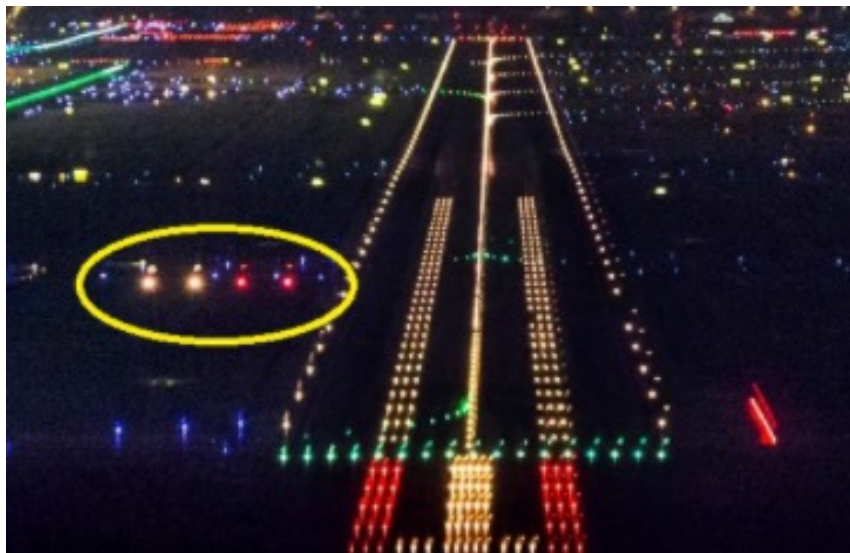


Aproximação para aterragem em uma pista – percepções visuais





Aproximação para aterragem em uma pista – percepções visuais





Helicópteros & Helipontos – Heliportos

01Nov23



Helicópteros





Helicópteros em São Paulo

- **segunda cidade no mundo em número de helicópteros (~410 em 2015)**
- **80 mil voos sobre a cidade a cada ano**
- **cerca de 200 helipontos**

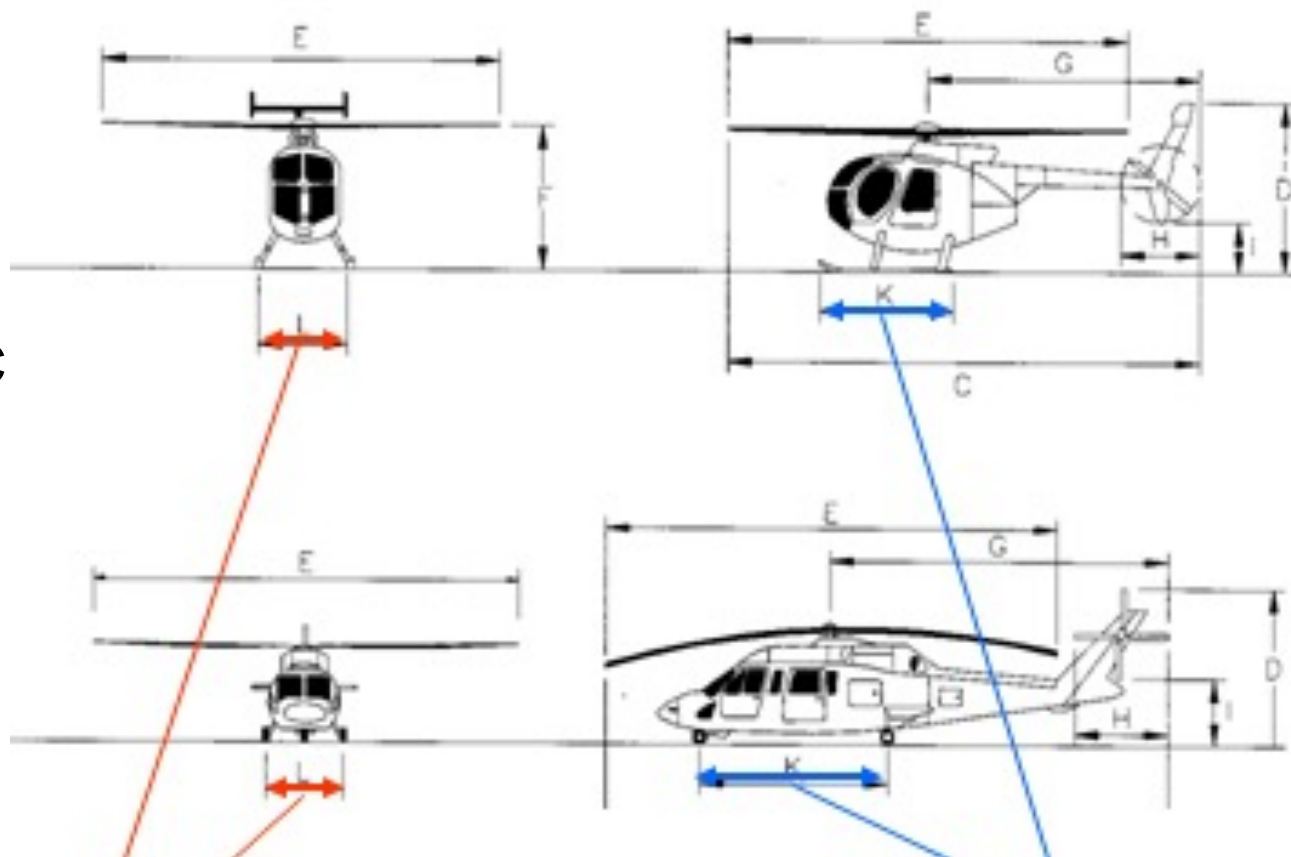




Helicópteros

dimensões relevantes

- diâmetro do rotor E
- comprimento da fuselagem G
- comprimento total C
- bitola
- base

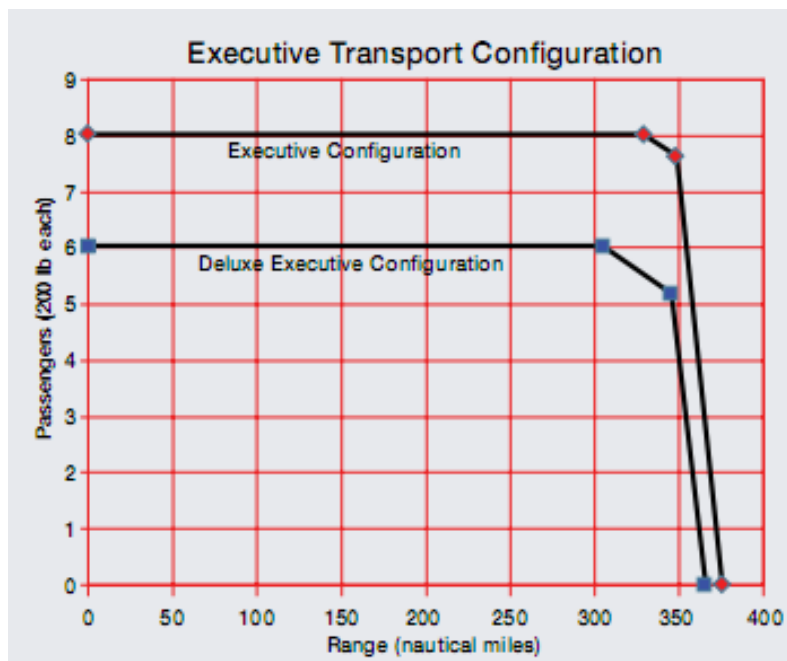


bitola

base



Operação de helicópteros – Sikorsky S-76++





Helicópteros

decolagem / aterragem verticais & voo pairado

→ dependem de **densidade do ar**
peso
potência

quando não é possível → necessária **pista**

Fenômenos relevantes

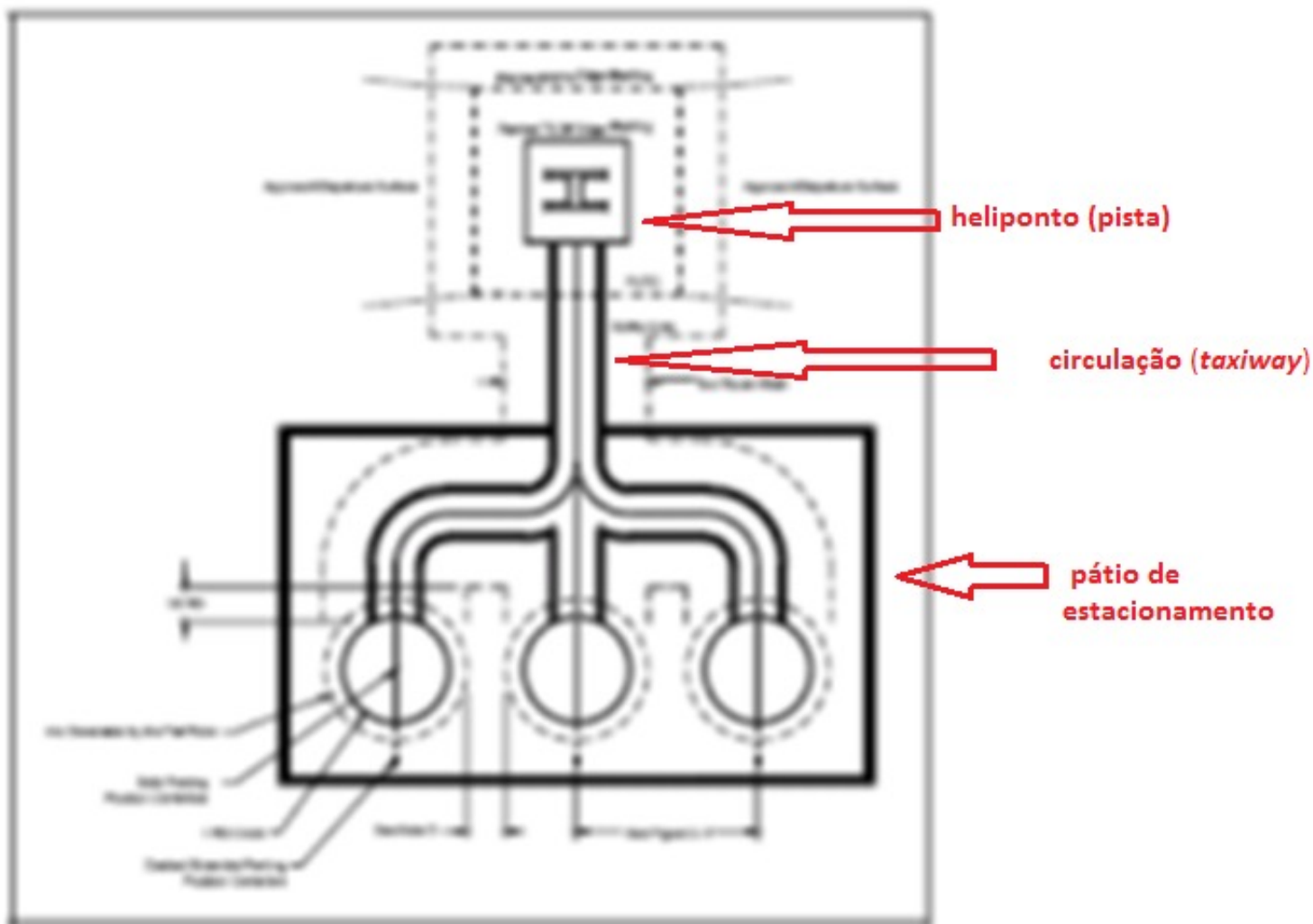
autorrotação – deslocamento horizontal → menos potência
→ helicóptero também plana

efeito-solo – voar próximo ao solo exige menos potência do
que longe dele

Pista → helicóptero sobe um pouco (efeito-solo) + voo horizontal a
baixa altura (ganho de velocidade gera “potência adicional” para
ganhar altura → helicópteros podem necessitar de pista



Heliponto (pista) e lado aéreo de um heliporto (aeródromo)





Heliponto e lado aéreo de um heliporto (aeródromo)



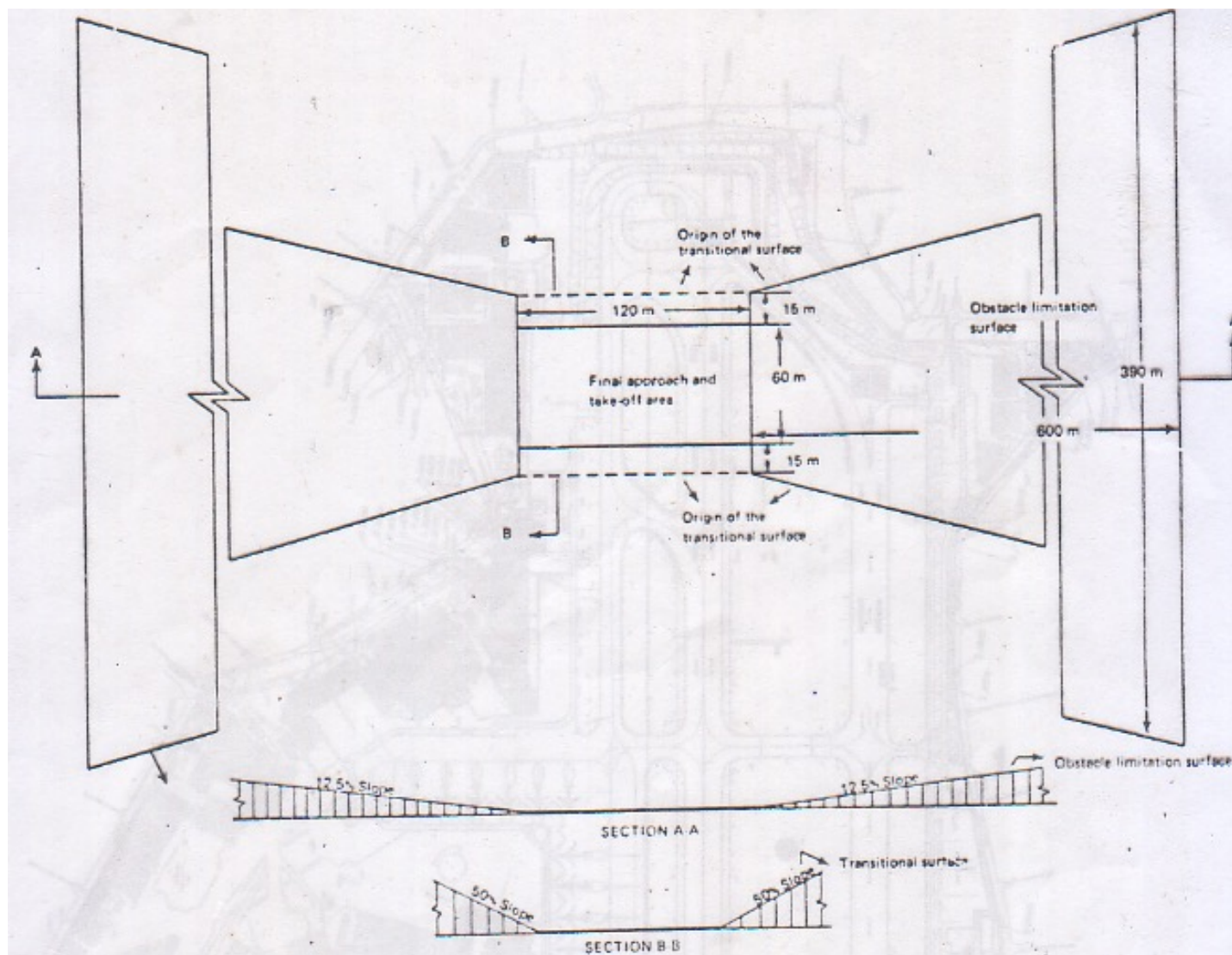


Heliponto e lado aéreo de um heliporto (aeródromo)



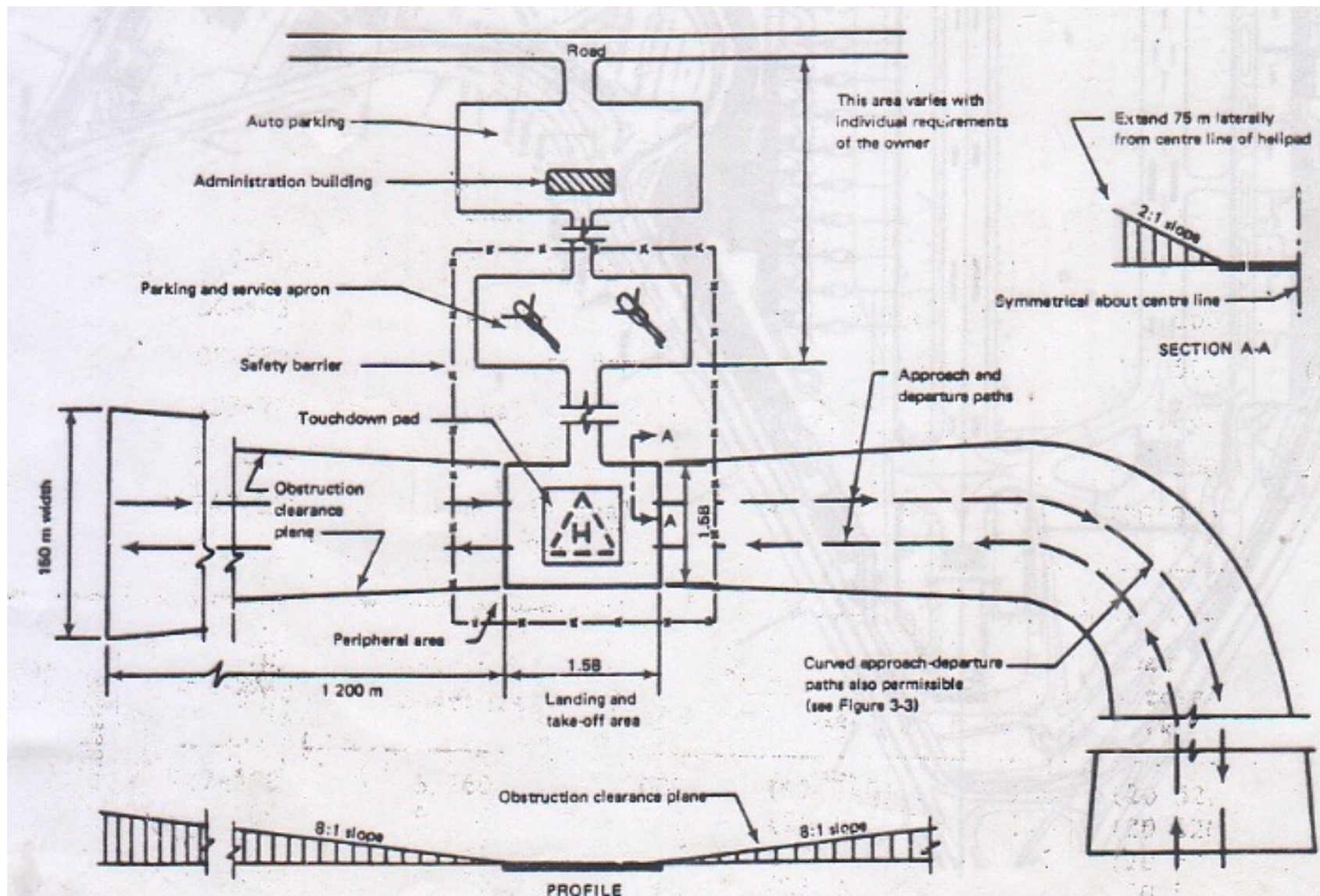


Heliponto – FATO e superfícies de proteção – ICAO



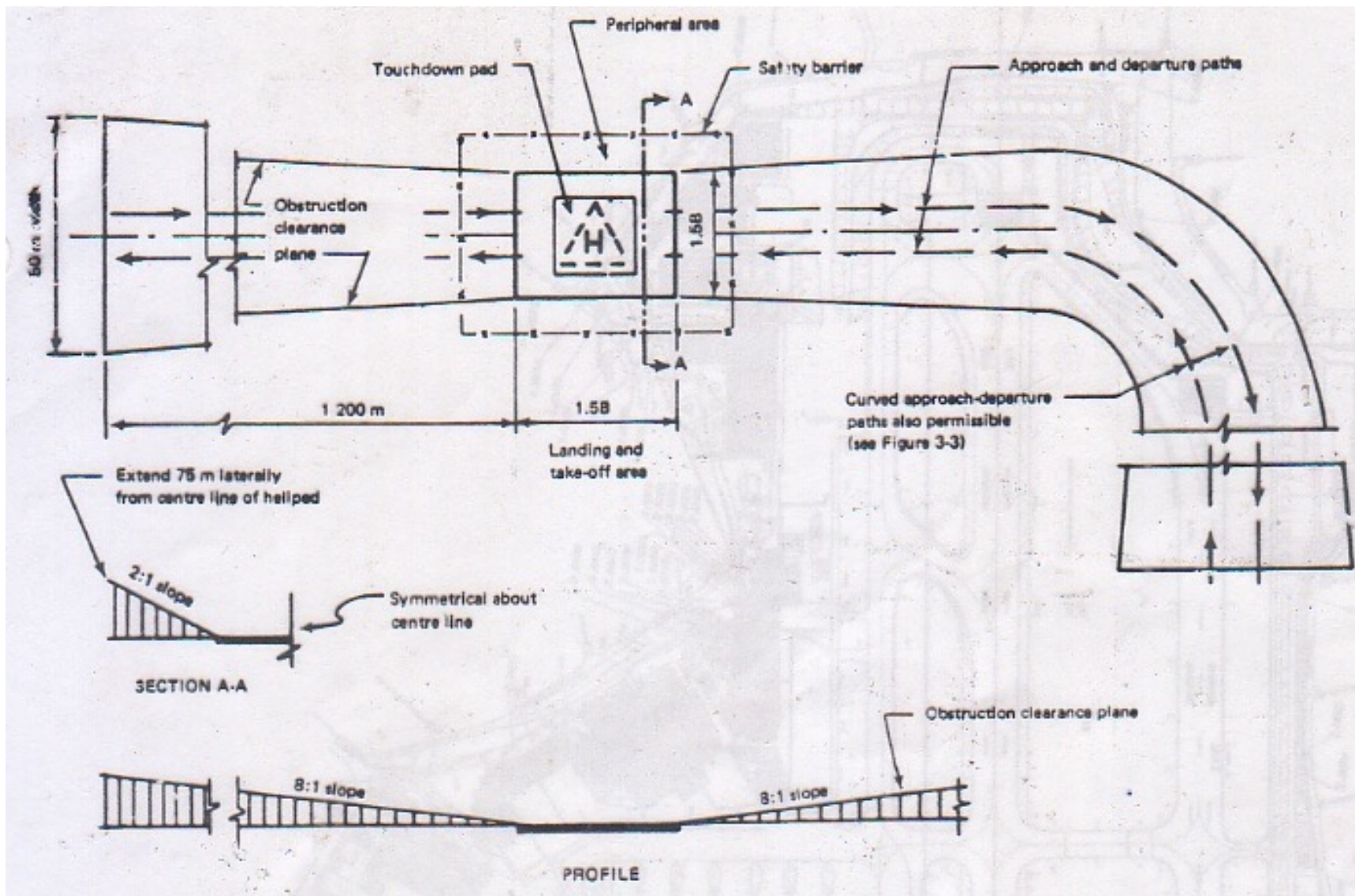


Heliporto maior e superfícies de proteção – FAA





Heliponto mínimo e superfícies de proteção – FAA





Acceptable range of angles between approach-departure paths when more than one approach-departure path is provided

Diagram illustrating the perspective of heliport obstruction clearance surfaces. The diagram shows a heliport area with a width of 150 m and a length of 1200 m. The approach-departure path is 75 m wide. The slopes are defined as 2:1 for the side slopes and 8:1 for the approach-departure path. The diagram also shows the 'L&T area' (Landing and Takeoff area) and the 'Centre line'.

Labels in the diagram include: Heliport, Approach-departure path, Approach-departure path, 90° to 180°, 150 m, 75 m, 1200 m, 2:1 slope, Centre line, 2:1 slope, 2:1 slope, 2:1 slope, L&T area, 75 m, 150 m.

Perspective of heliport obstruction clearance surfaces



Heliponto	aeródromo destinado exclusivamente a helicópteros (pista)
Heliporto	heliponto público dotado de instalações e facilidades para apoio a operação de helicópteros, incluindo instalações para embarque e desembarque de pessoas e cargas

Plano Básico de Zona de Proteção de Helipontos é constituído de:

áreas de segurança
superfícies de aproximação e decolagem
superfície de transição

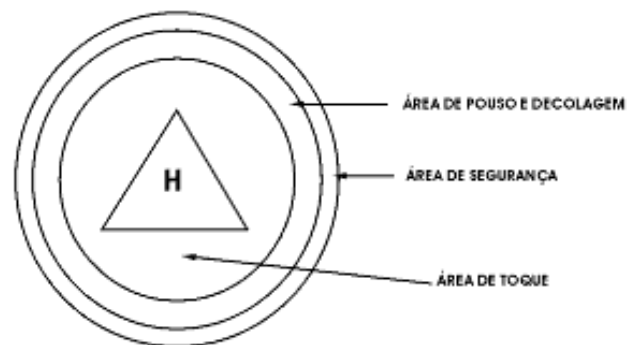
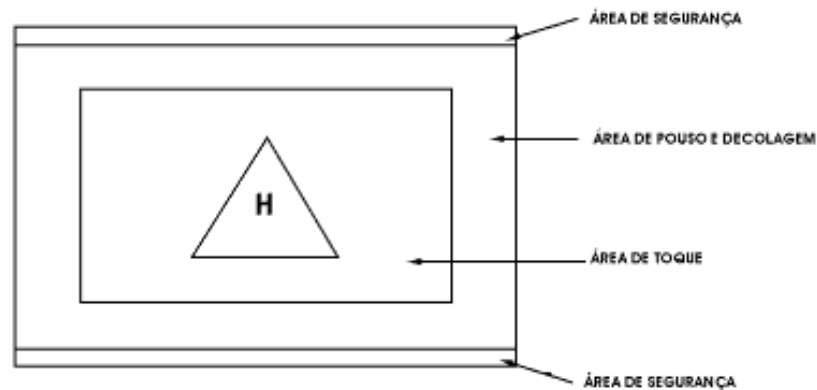
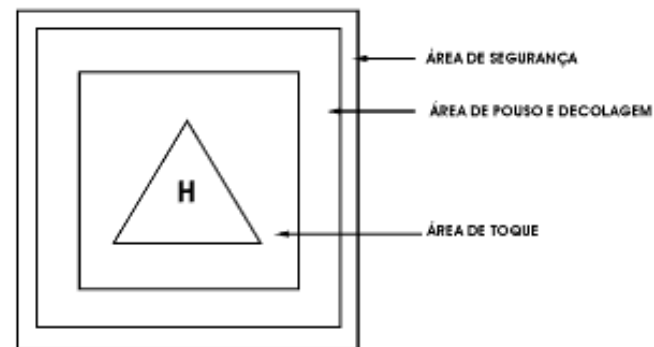
áreas **segurança**
pouso e decolagem
toque



Plano Básico de Zona de Proteção de Heliponto

áreas do heliponto

PLANO BÁSICO DE ZONA DE PROTEÇÃO DE HELIPONTO

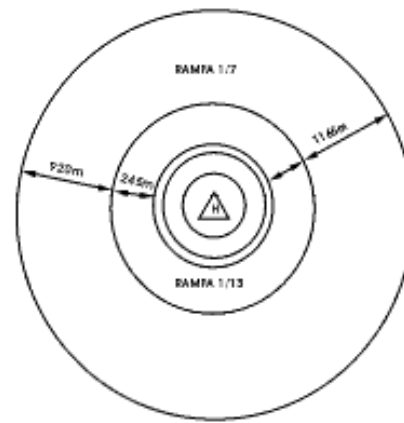
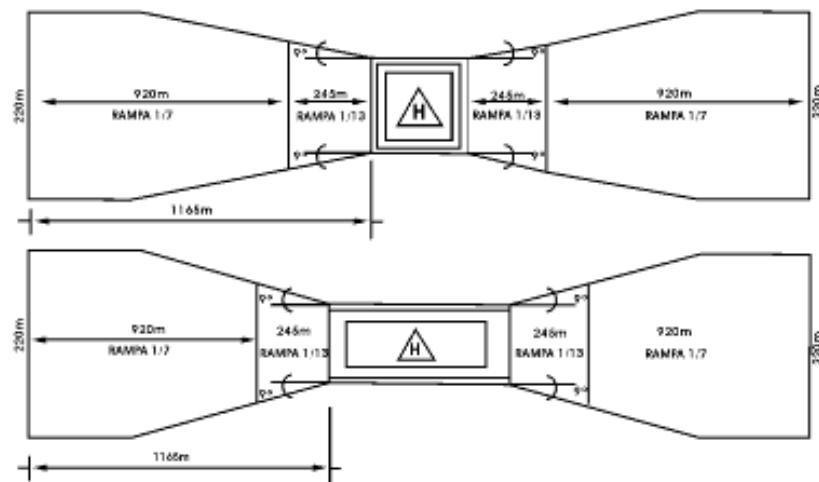




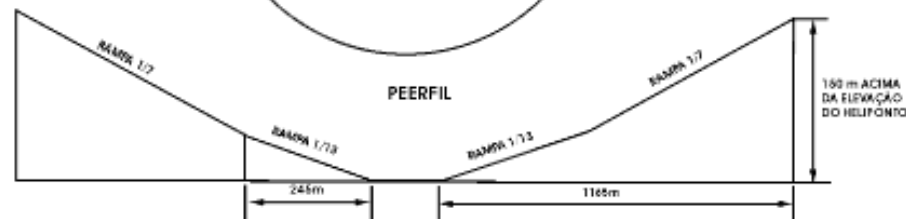
Plano Básico de Zona de Proteção de Heliponto

PLANO BÁSICO DE ZONA DE PROTEÇÃO DE HELIPONTO

ÁREA DE APROXIMAÇÃO

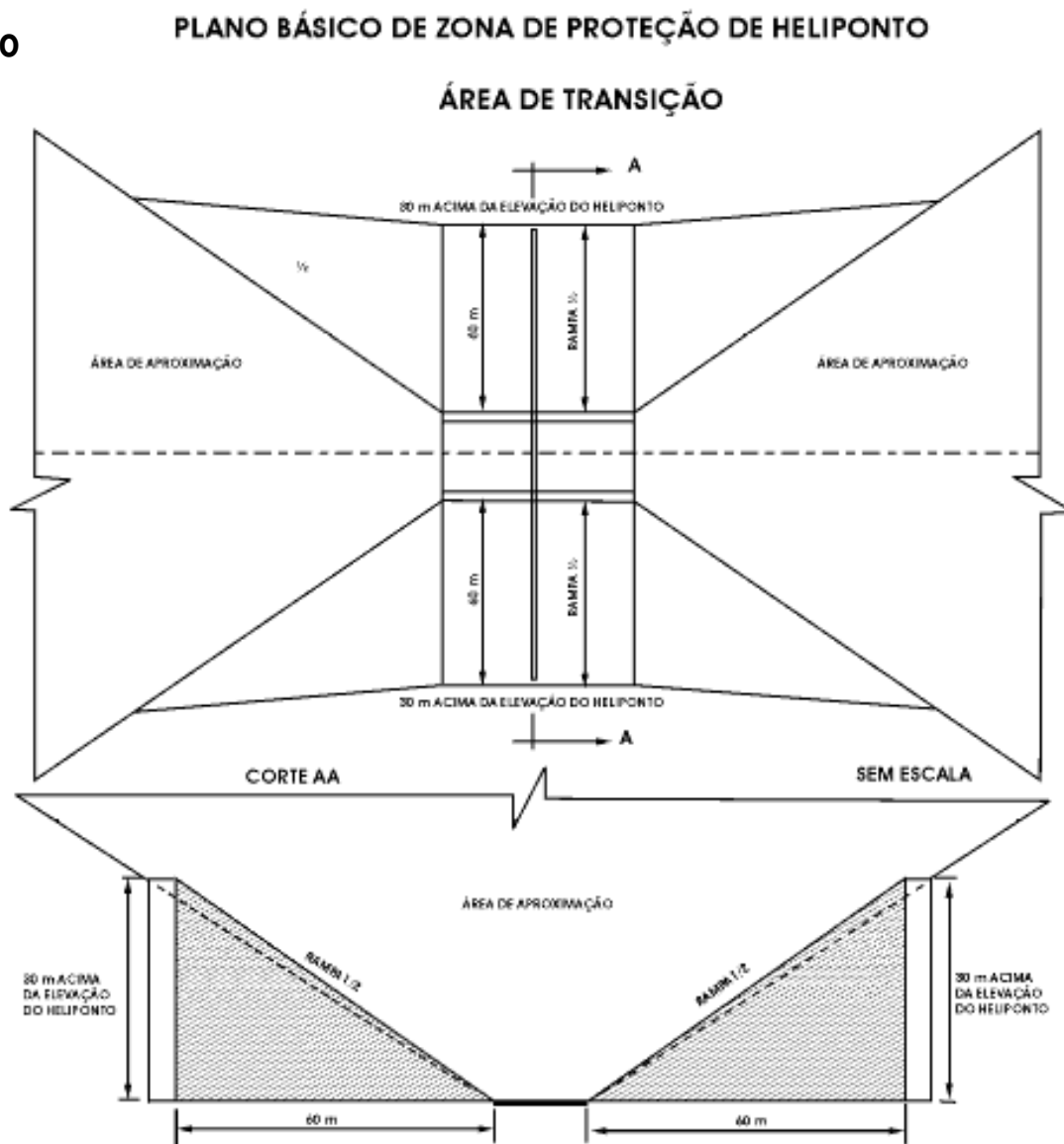


SEM ESCALA





Plano Básico de Zona de Proteção de Heliponto





Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Aeroportos e Transporte Aéreo

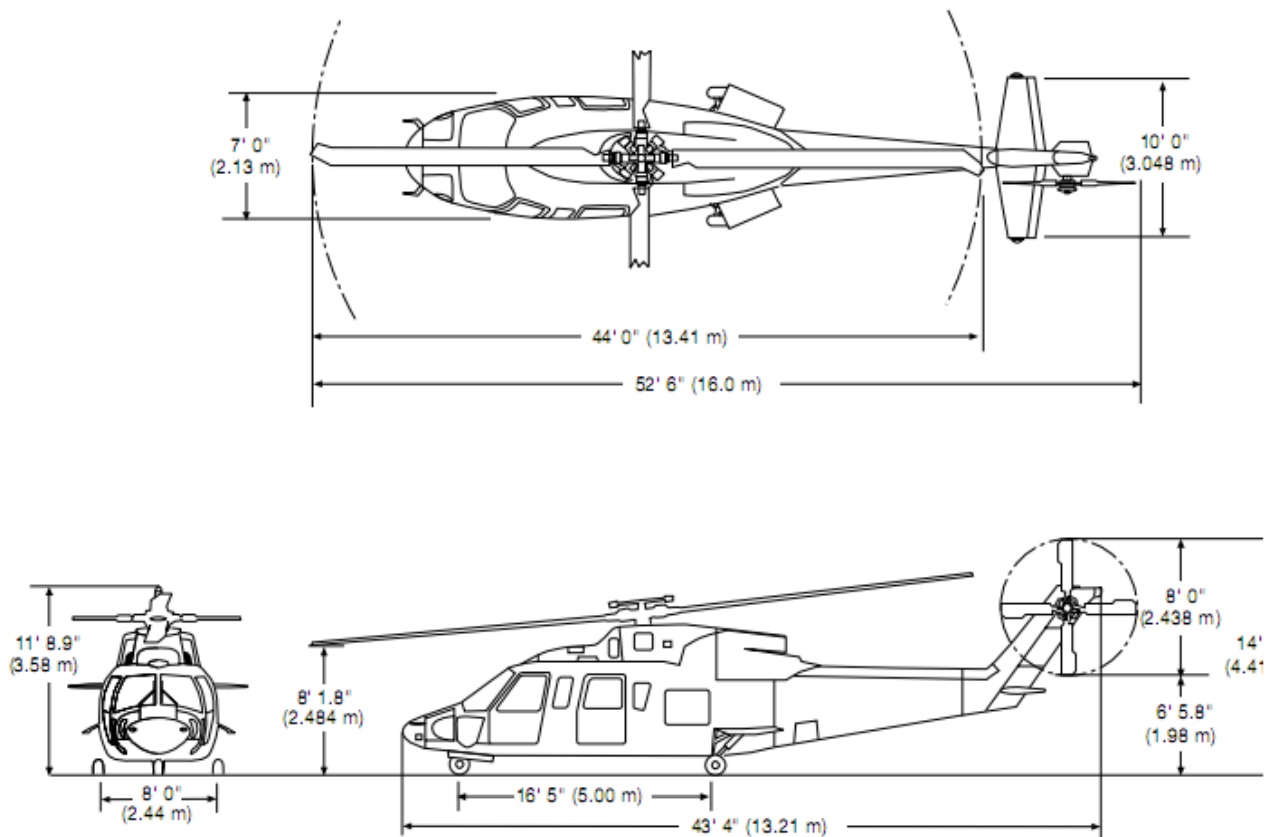


preço
7,5 M USD



Helicópteros – Sikorsky S-76

Aircraft Dimensions



maior dimensão = 16 m



Helicóptero de projeto

Sikorsky S-76

MTOW = 5.306 kg

comprimento total total 16,00 m altura 4,41 m

fuselagem comprimento 13,43 m largura 2,13 m

diâmetro do rotor – DR 13,40 m

bitola 2,44 base 5,00



Operação de helicópteros – dimensões de um heliporto para S-76

área de toque

quadrado

lado = maior dimensão do helicóptero de projeto $l = 16 \text{ m}$

área de pouso e decolagem

quadrado

lado = 1,5 vezes a maior dimensão do helicóptero de projeto $l = 24 \text{ m}$

área de segurança

envolve a área de pouso

largura da faixa = $0,25 \times$ a maior dimensão do helicóptero de projeto

$l = 4 \text{ m}$

pátio de estacionamento

quadrado

lado = maior dimensão do helicóptero de projeto (16 m) $l = 16 \text{ m}$

separação entre posições $\geq 3 \text{ m}$

se operação por meios próprios, separação entre pontas $\geq 3 \text{ m}$

pista de rolagem

largura $\geq 6 \text{ m} + \text{distância livre de } \frac{1}{2} \text{ DR}$ $\geq 12,7 \text{ m}$

superfície de aproximação e de saída

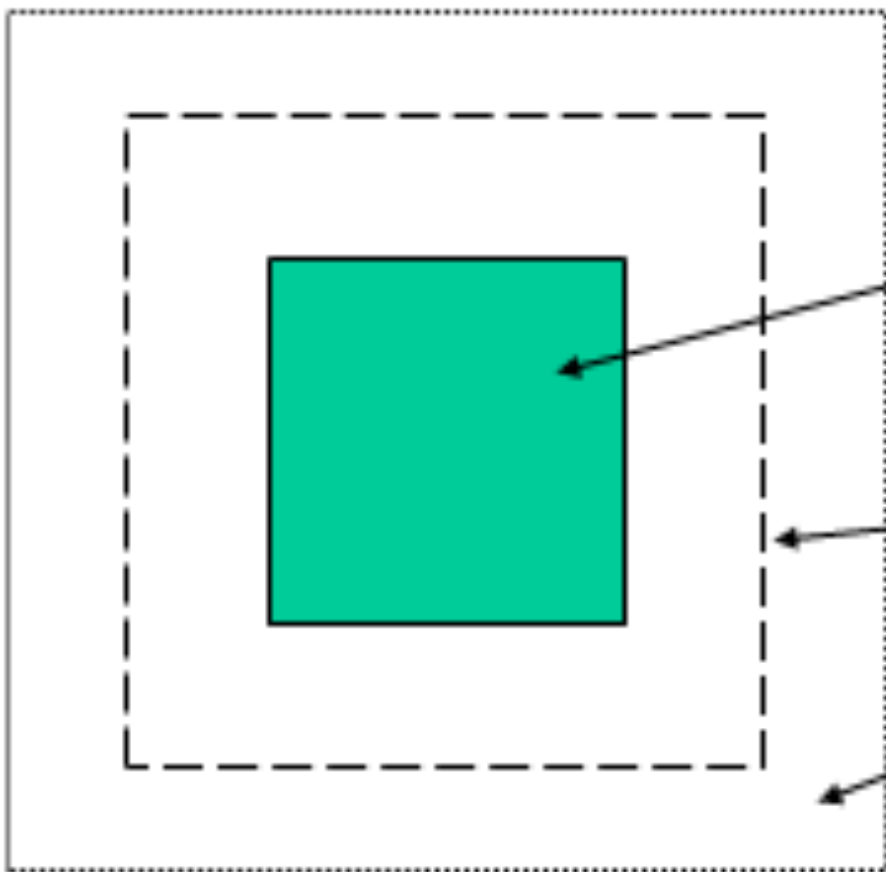
1:8 (12,5%) saindo da área de pouso e decolagem por 1.200 m (larg max 150 m)

superfície de transição

1:2 (50%)



Helipontos e heliportos



Para o S-76

TLOF – *touchdown & lift off area*
área de toque

$l = 16 \text{ m}$

FATO – *final approach and take off area*

área de pouso e decolagem

$l = 24 \text{ m}$

área de segurança

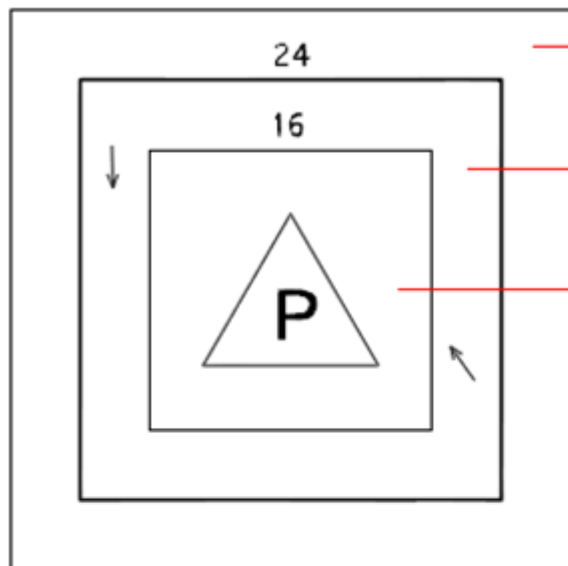
faixa de 4 m de largura

à volta da FATO

dimensões totais do heliponto = quadrado de lado ($24 + 2 \cdot 4 = 32$)



Helipontos para o S-76 (16 m de comprimento total)



ÁREA DE
SEGURANÇA

faixa de 4m à volta da área de toque

ÁREA DE
TOQUE

ÁREA DE
ATERRAMENTO
E DECOLAGEM

