



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Aeroportos e Transporte Aéreo

CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO



Controle de tráfego aéreo (CTA) em aeroportos

como o CTA afeta a capacidade de pista(s) de um aeroporto

→ apenas análise de aspectos de CTA que afetam a capacidade de pistas

- introdução – operações visuais e por instrumentos
- auxílios-rádio em aeroportos
- entidades responsáveis pelo CTA em aeroportos
- regras de CTA que afetam a capacidade de pista(s)
- capacidade de pistas
- esteiras de turbulência



Demanda e capacidade – Guarulhos (GRU)



Fonte: UFRJ – BITA, http://www.tgl.ufrj.br/projetos/relatorios/BITA_Janeiro_2013.pdf

Aeroporto Internacional de Guarulhos - SP ×
Atualizado nov8, 2012

Aeroporto de Guarulhos
Rod. Hélio Schmidt, s/nº - Cumbica
Tel: (11) 2445-2945

Capacidade de pista: 47 movimentos por hora

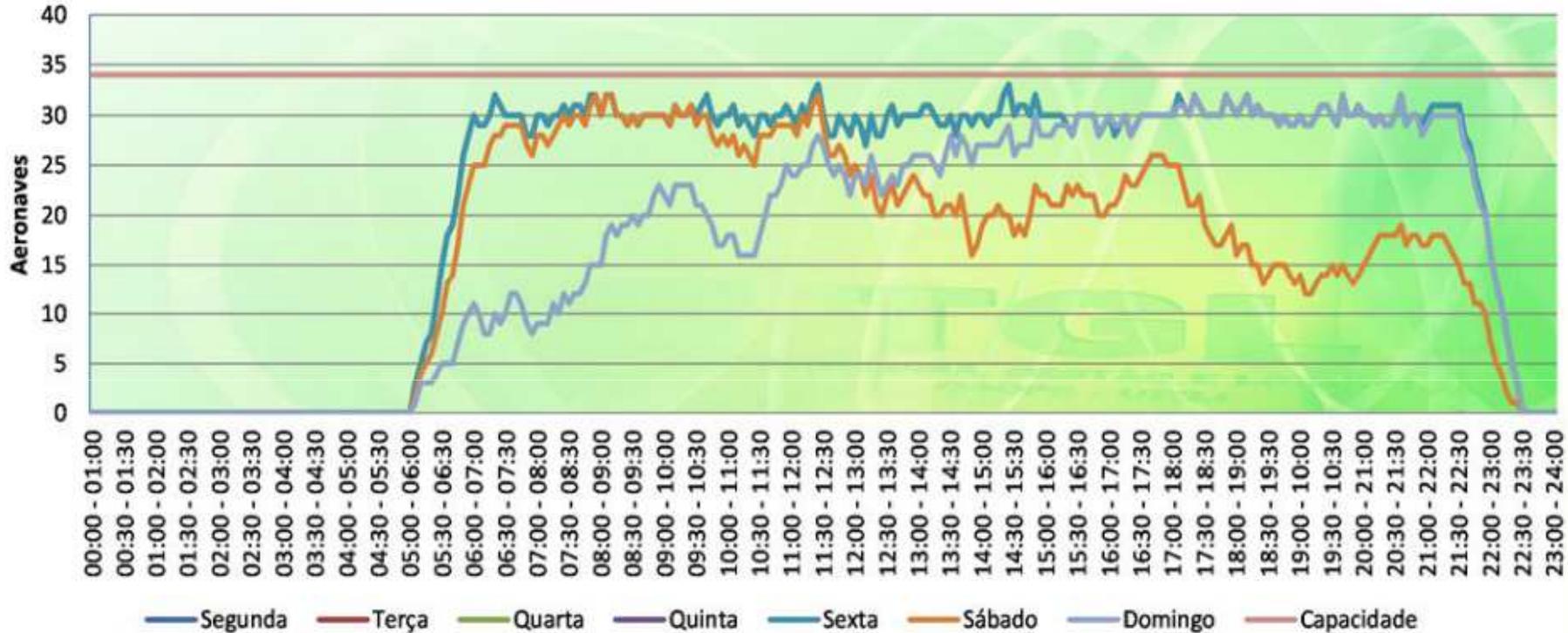
Código ICAO-IATA: SBGR / GRU

Fonte: CGNA, http://www.cgna.gov.br/?page_id=8, 15Mar13 13:00 h

Pistas 09L/27R: 3700 m
09R/27L: 3000 m



Demanda e capacidade – Congonhas (CGH)



Fonte: UFRJ – BITA, http://www.tgl.ufrj.br/projetos/relatorios/BITA_Janeiro_2013.pdf

Aeroporto de Congonhas - SP

Atualizado ago16, 2012

Aeroporto de Congonhas

Avenida Washington Luiz, s/nº

Tel: (11) 5090-9000

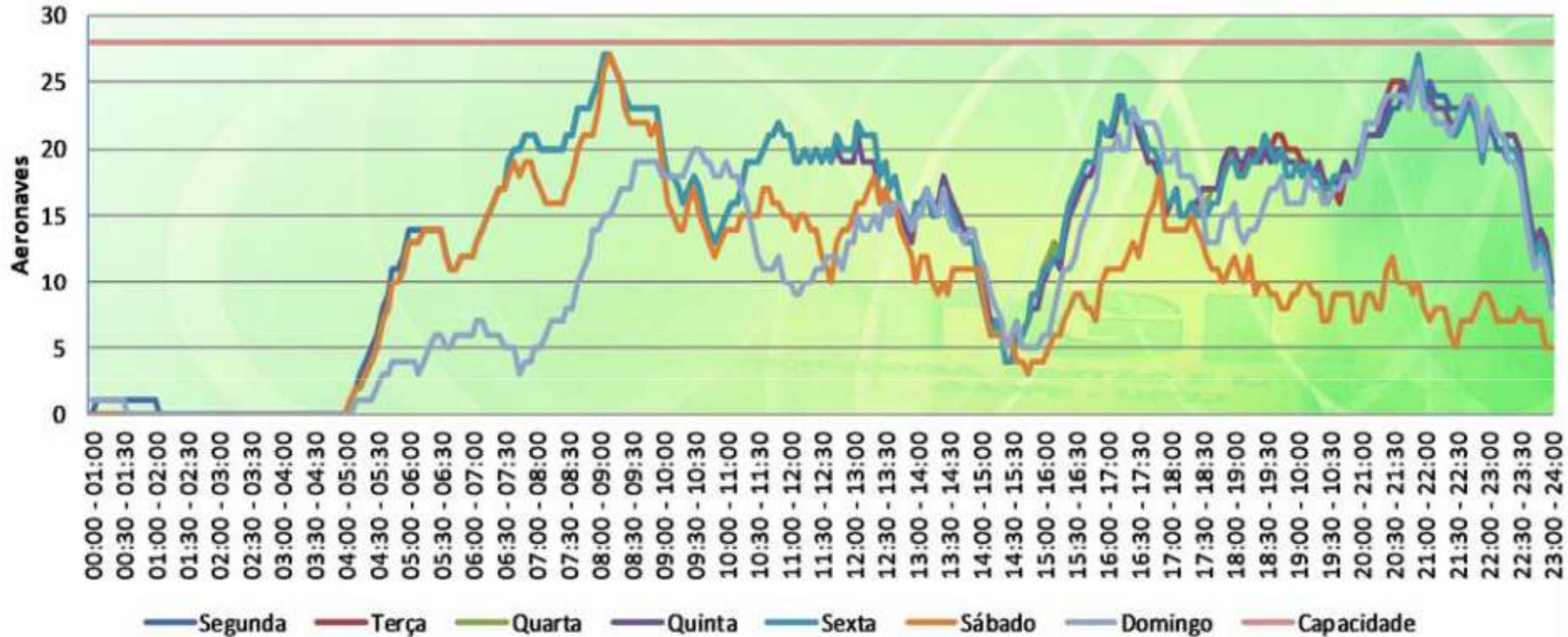
Capacidade de pista: 34 movimentos por hora

Fonte: CGNA, http://www.cgna.gov.br/?page_id=8, 15Mar13 13:00 h

Código ICAO-IATA: SBSP / CGH



Demanda e capacidade – Viracopos (VCP)



Fonte: UFRJ – BITA, http://www.tgl.ufrj.br/projetos/relatorios/BITA_Janeiro_2013.pdf

Aeroporto Internacional de Campinas - SP
Atualizado ago16, 2012

Aeroporto Viracopos-Campinas
Rod. Santos Dumont Km 66, Campinas

Capacidade de pista: 28 movimentos por hora

Código ICAO-IATA: SBKP / VCP

Fonte: CGNA, http://www.cgna.gov.br/?page_id=8, 15Mar13 13:00 h



Controle de tráfego aéreo

- controle de tráfego → segurança & fluxo

segurança velocidade **menor** + separação **maior**

fluxo velocidade **maior** + separação **menor**

→ **contradição** →
1 – segurança **prioritária**
2 – fluxo

- segurança

limite de velocidade

objetivo no rodoviário – restrições no aéreo

limite de separação

subjetivo – função da visibilidade

- visibilidade

rodoviário

“unidimensional”

aéreo

“bidimensional”

horizontal → visibilidade

vertical → teto

teto e visibilidade → condições de operação

visuais – VFR

por instrumentos – IFR

Movimentos

ANO	TIPO DE VOO		TOTAL
	IFR	VFR	
2007	1.780.651	936.812	2.717.463
2008	1.939.144	831.062	2.770.206
2009	1.995.580	896.059	2.891.639
2010	2.347.325	1.356.424	3.703.749





Navegação aérea

Funções

determinar posições

planejar rota para posição pré-determinada

ir para a posição de um modo pré-determinado

avaliar progresso na rota

Navegação (sem GNSS) baseada em auxílios-rádio em terra

→ navegar entre pontos fixos, e em rotas fixas

Desempenho da navegação baseado em

- precisão
- disponibilidade
- continuidade
- integridade



VOR – DME

DVOR 450 k USD – DME 100 k USD





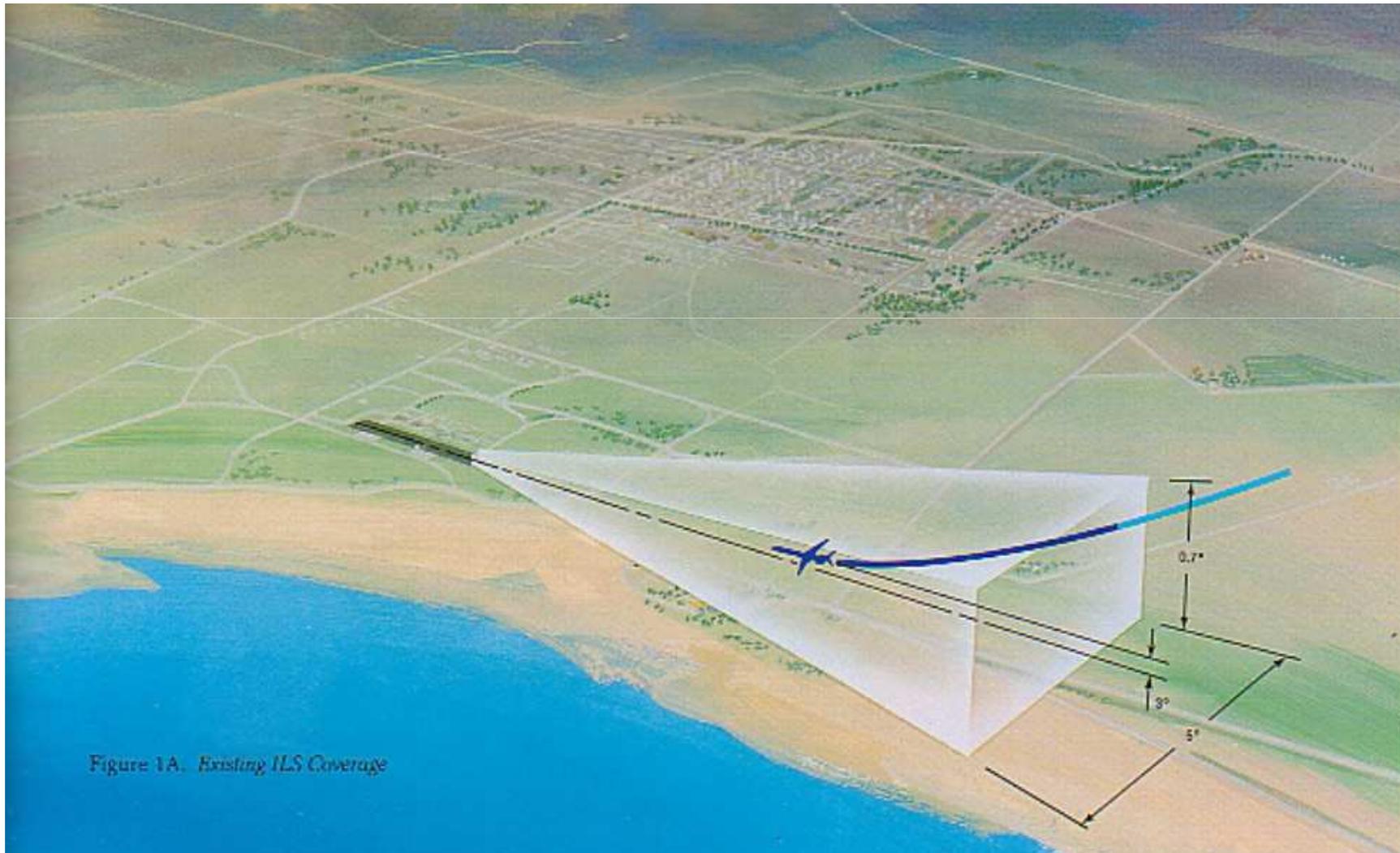
Auxílios-rádio **instrumentos que permitem operações IFR**

transmissor em terra
receptor no avião
operador (piloto) habilitado

- **Rádio farol** NDB ou VOR
1 transmissor
- **ILS** – *instrument landing system* (sistema de pouso por instrumentos)
transmissores LOC – localizador plano vertical de aproximação
GLS – *glide slope* plano inclinado de aproximação
marcadores OM (externo) – médio (MM) – interno (IM)
cartas de aproximação indicam a que distância estão da pista
- **DME** – *distance measuring equipment* acoplado com VOR → VOR/DME
- **Radar** – RAdio Detection And Ranging



Sistema de aproximação por instrumentos – ILS



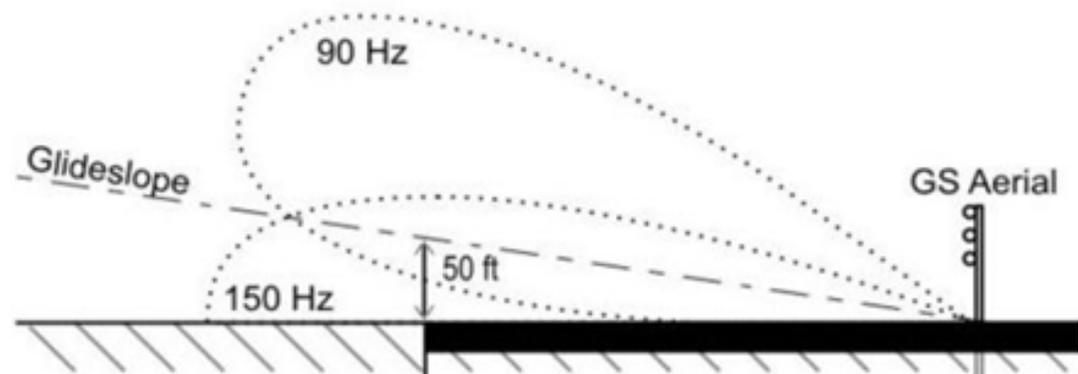
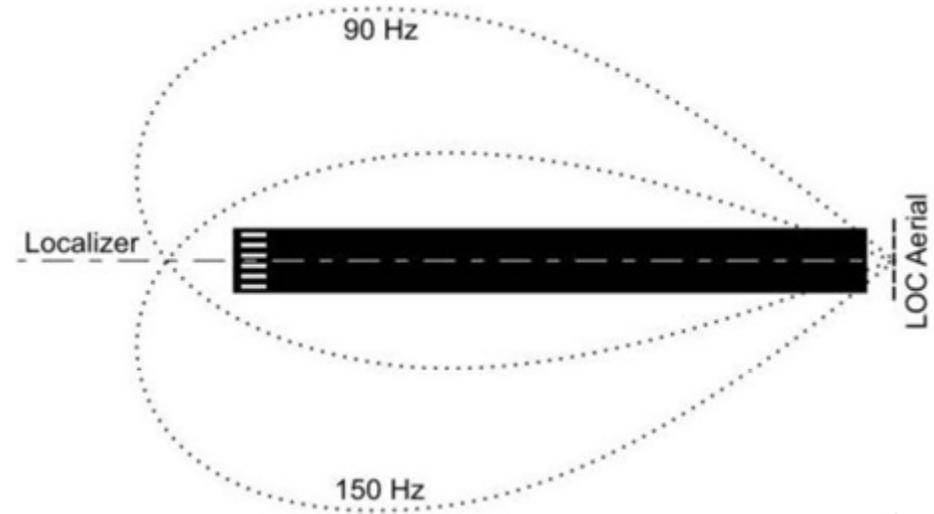


Localizador (LOC) de um ILS





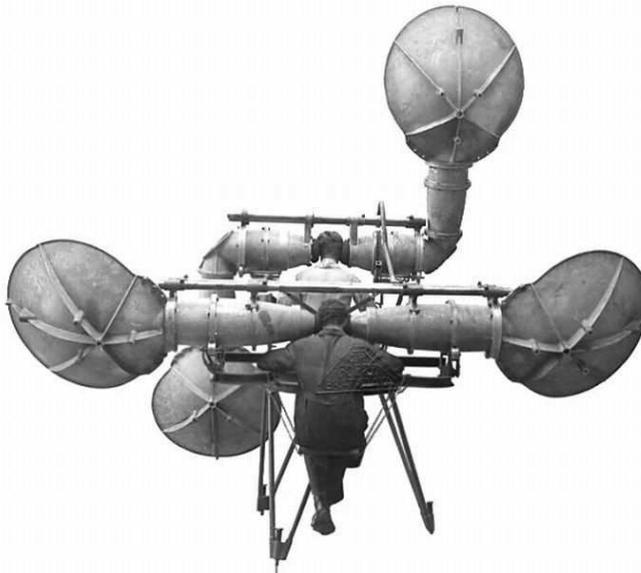
ILS – localizador (LOC) e *glide slope* (GLS) **500 k USD**





Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Aeroportos e Transporte Aéreo





Radar





Mínimos operacionais (teto e visibilidade) em VFR & IFR

Exemplos

EMS 140 k USD

condição	auxílio - rádio		TETO		VISIBILIDADE	
			vertical (m)		horizontal (m)	
VFR	-	-	450	e	5.000	
IFR	rádio-farol	NDB	150	e	1.500	
		VOR	120	e	1.500	
	ILS	I	60	e	800	
		II	30	e	400	
		III a	0	e	200	
		III b	0	e	50	
		III c	0	e	0	

IFR – quanto **menores os mínimos operacionais** (teto e visibilidade)

→ **maior tempo de operação** de um aeroporto → **maior sua capacidade**

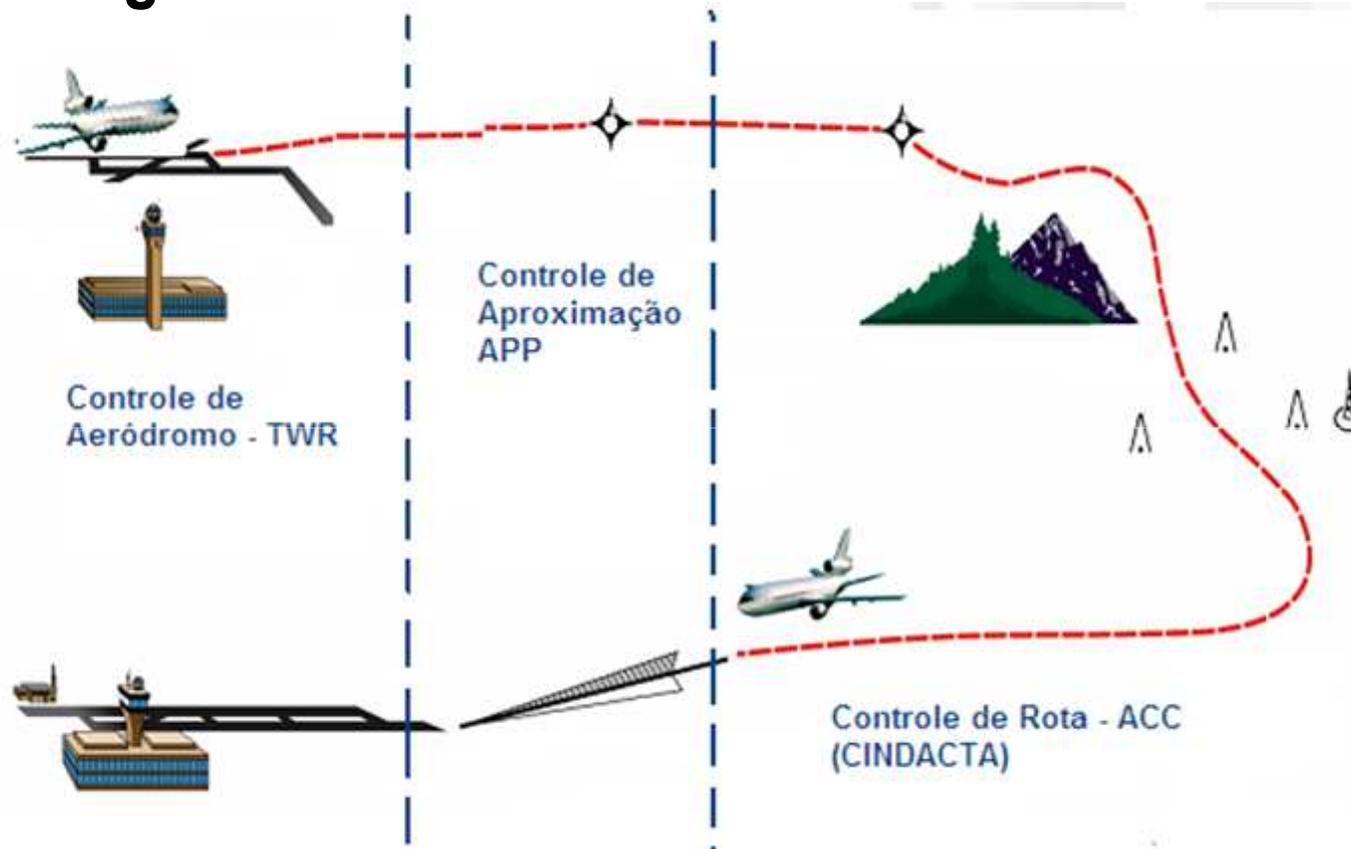


Regras de CTA que afetam a capacidade de um aeroporto

- **Dois aviões não podem ocupar a mesma pista simultaneamente**
quanto menos tempo o avião ocupar a pista, maior sua capacidade
→ acessos e saídas de pista melhoram sua capacidade porque diminuem seu tempo de ocupação
- **Há uma separação mínima entre aeronaves no ar**
quanto menor essa separação, maior a capacidade
→ tipo de controle de tráfego aéreo disponível em um área terminal afeta a capacidade de pistas controle convencional tem separações maiores que o radar
- **Aterragens têm prioridade sobre decolagens**
aterragens demoram mais em uma pista que decolagens
→ se houver muitas aterragens sucessivas, dependendo das separações entre aterragens sucessivas e da localização das saídas de pista, o tempo entre duas aterragens sucessivas pode não permitir a ocorrência de uma decolagem entre elas



CTA – órgãos de controle



TWR – torre de controle

APP – controle de aproximação

ACC – controle de área

ATZ – zona de aeródromo

TMA – área terminal

FIR – região de informação de voo



ACC – centro de controle de área

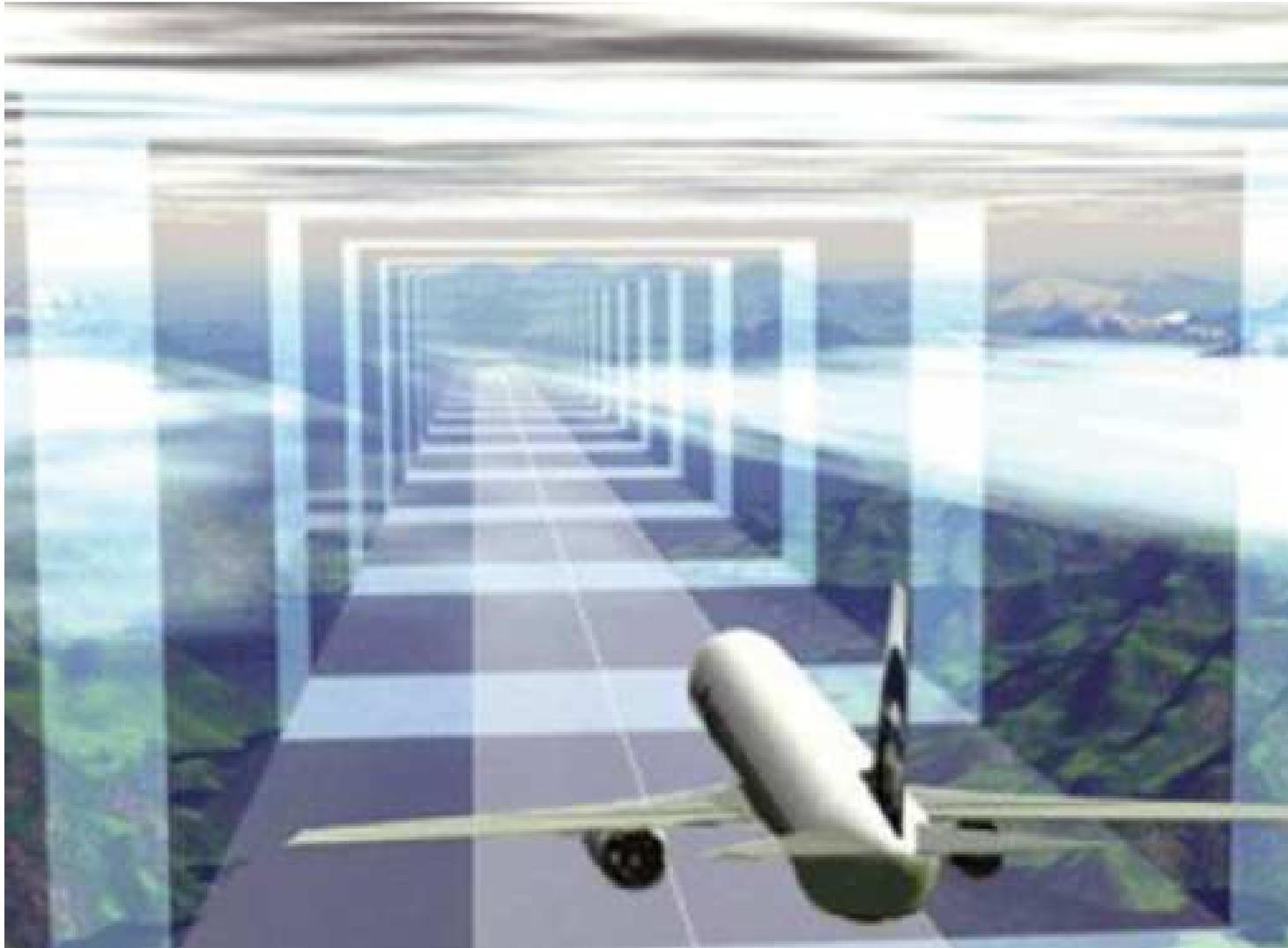


controla regiões de informação de voo – FIR

monitoração de procedimentos (sobrevoo de pontos fixos pré-estabelecidos), com eventual uso de radar



CTA – navegação em rota



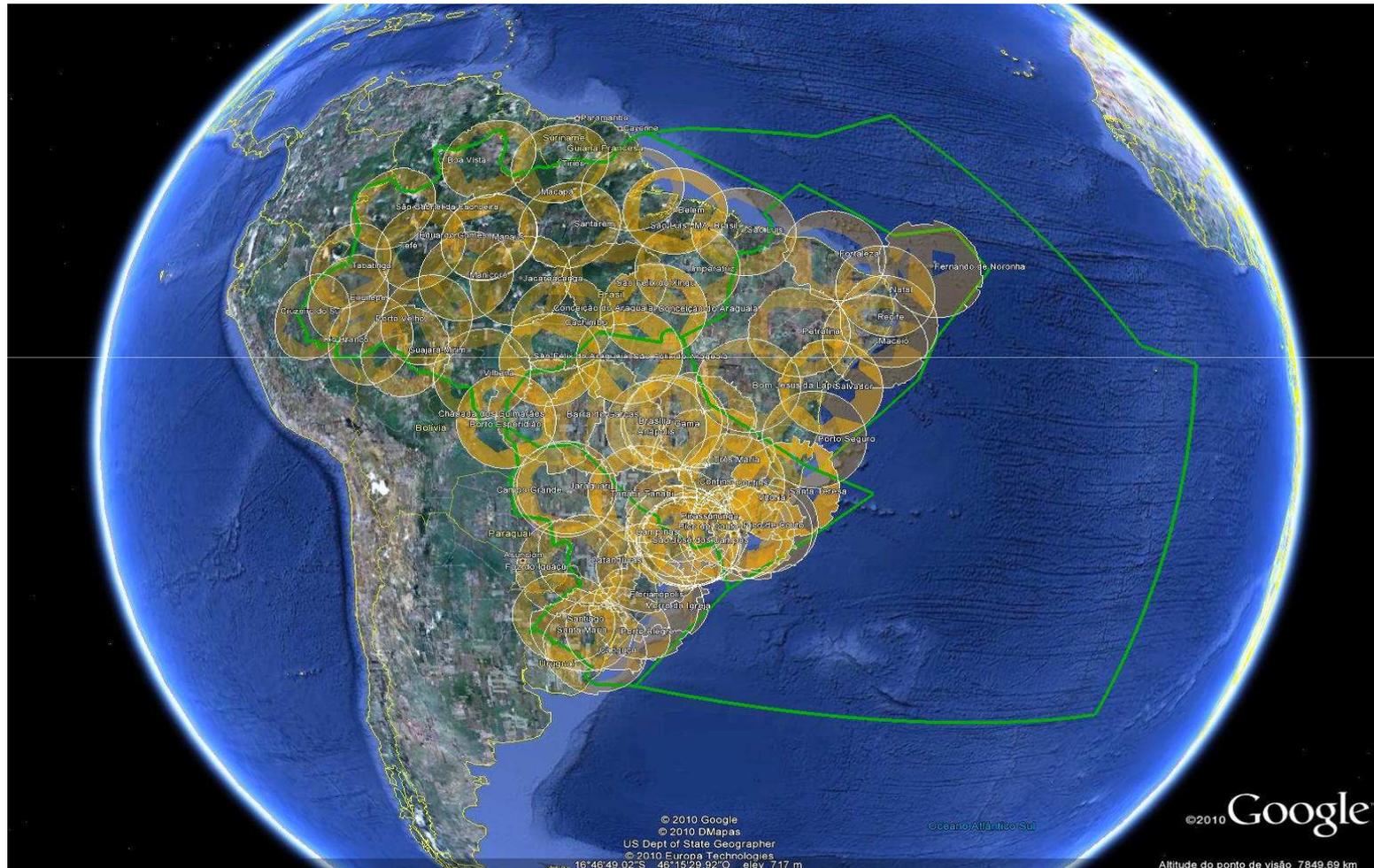


ACC's – centros de controle de área no Brasil



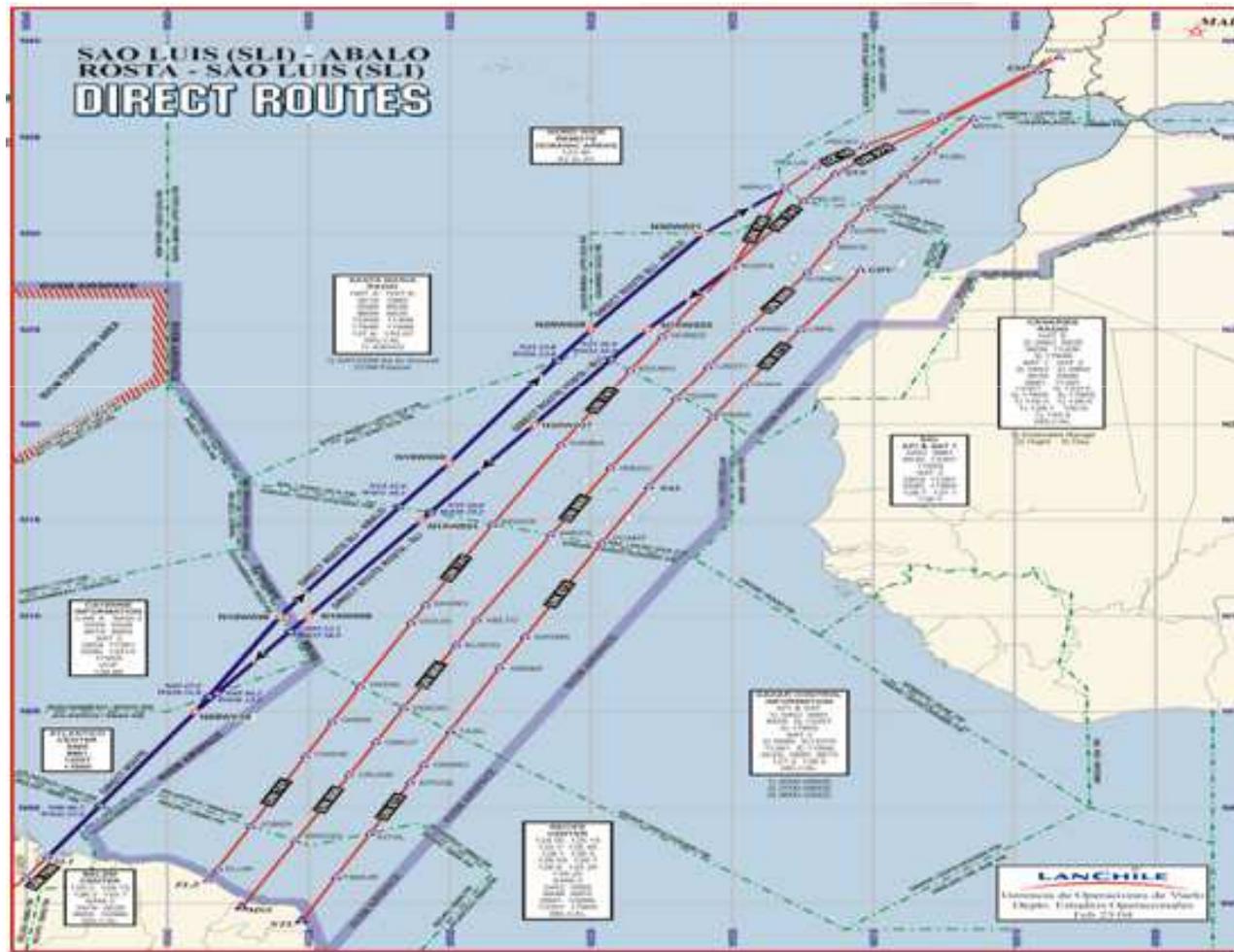


CTA – cobertura de radares no Brasil





CTA – rotas oceânicas





CTA – aeronaves em aerovias





APP – controle de aproximação



controla uma área terminal – TMA

- controle **convencional** – procedimentos pré-estabelecidos por fonia
- controle **radar** – visualiza pelo radar e vetora por fonia



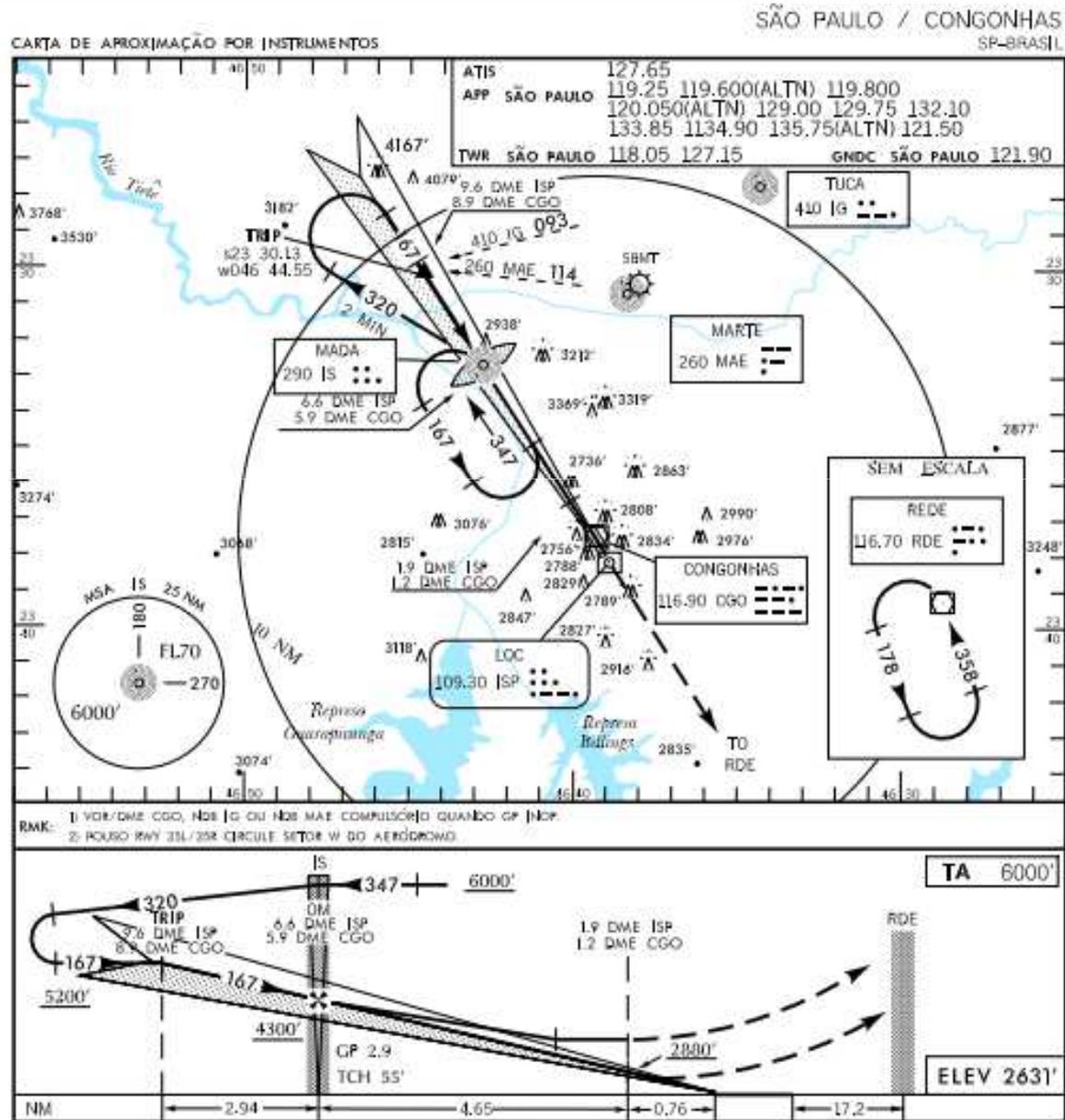
Capacidade de pistas

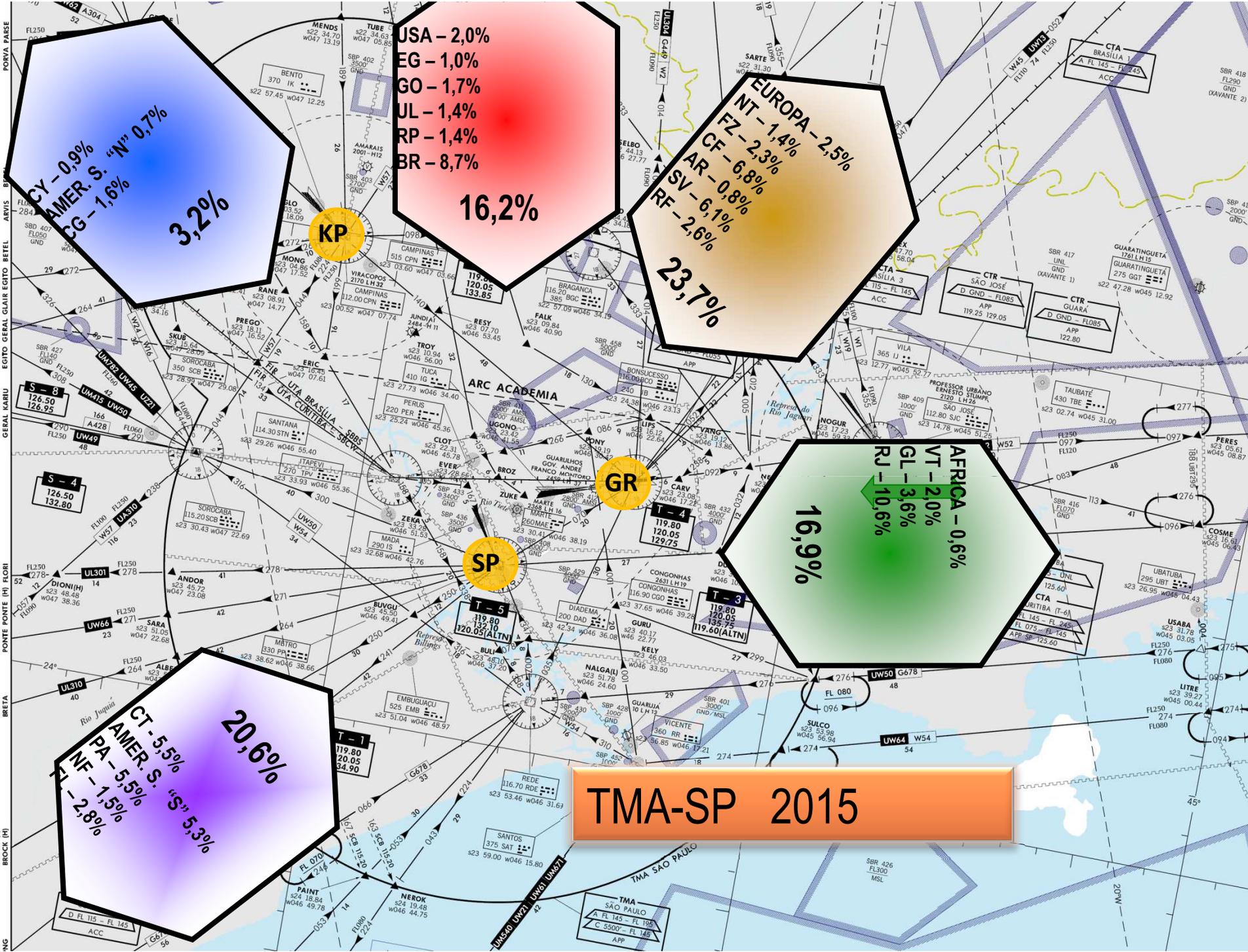
Carta de aproximação por instrumentos – IAC

Congonhas – SBSP

pista 17R – ILS

descida Hotel 2





USA - 2,0%
 EG - 1,0%
 GO - 1,7%
 UL - 1,4%
 RP - 1,4%
 BR - 8,7%
16,2%

NT - 1,4%
 FZ - 2,3%
 CF - 6,8%
 AR - 0,8%
 SV - 6,1%
 RF - 2,6%
23,7%

CY - 0,9%
 AMER. S. "N" 0,7%
 CG - 1,6%
3,2%

AFRICA - 0,6%
 VT - 2,0%
 GL - 3,6%
 RJ - 10,6%
16,9%

CT - 5,5%
 AMER. S. "S" 5,3%
 PA - 5,5%
 NF - 1,5%
 AL - 2,8%
20,6%

TMA-SP 2015



Torre de controle – TWR



controla uma zona de aeródromo – ATZ

operação visual, podendo usar um radar de superfície – SMR



Capacidade de pistas e CTA

área terminal – TMA

controle de aproximação – APP

equipamentos disponíveis para CTA pelo APP

→ controle **convencional** – procedimentos e fonia
separações por **tempo** e por **altura**

→ controle **radar** – visualisa e vetora por fonia
separações por **distância**

5 mn na TMA

3 mn na reta de aproximação da pista



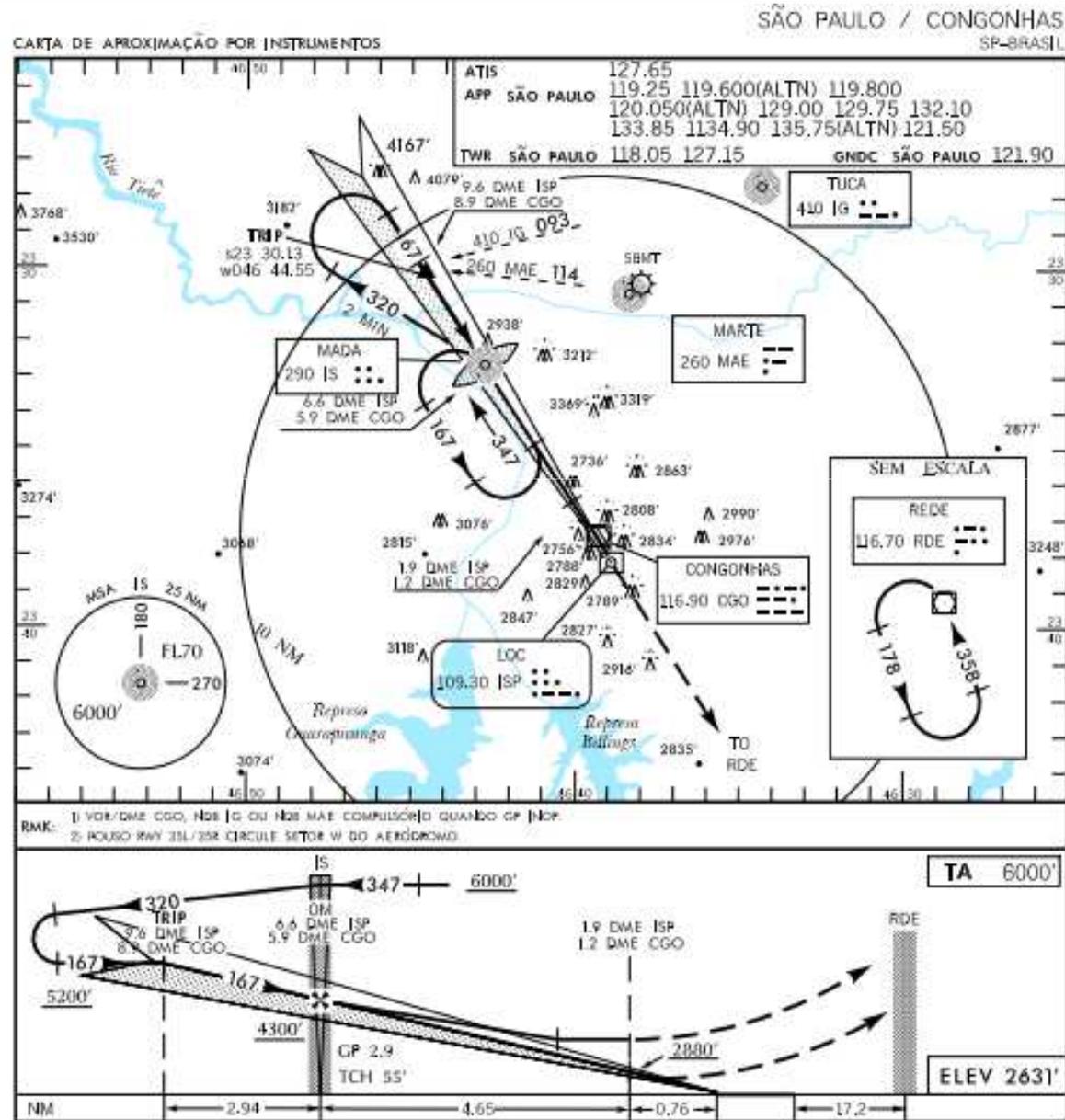
Capacidade de pistas

Carta de aproximação por instrumentos – IAC

Congonhas – SBSP

pista 17R – ILS

descida Hotel 2





Capacidade de pistas

separações no ar e capacidades de pista (referenciais)

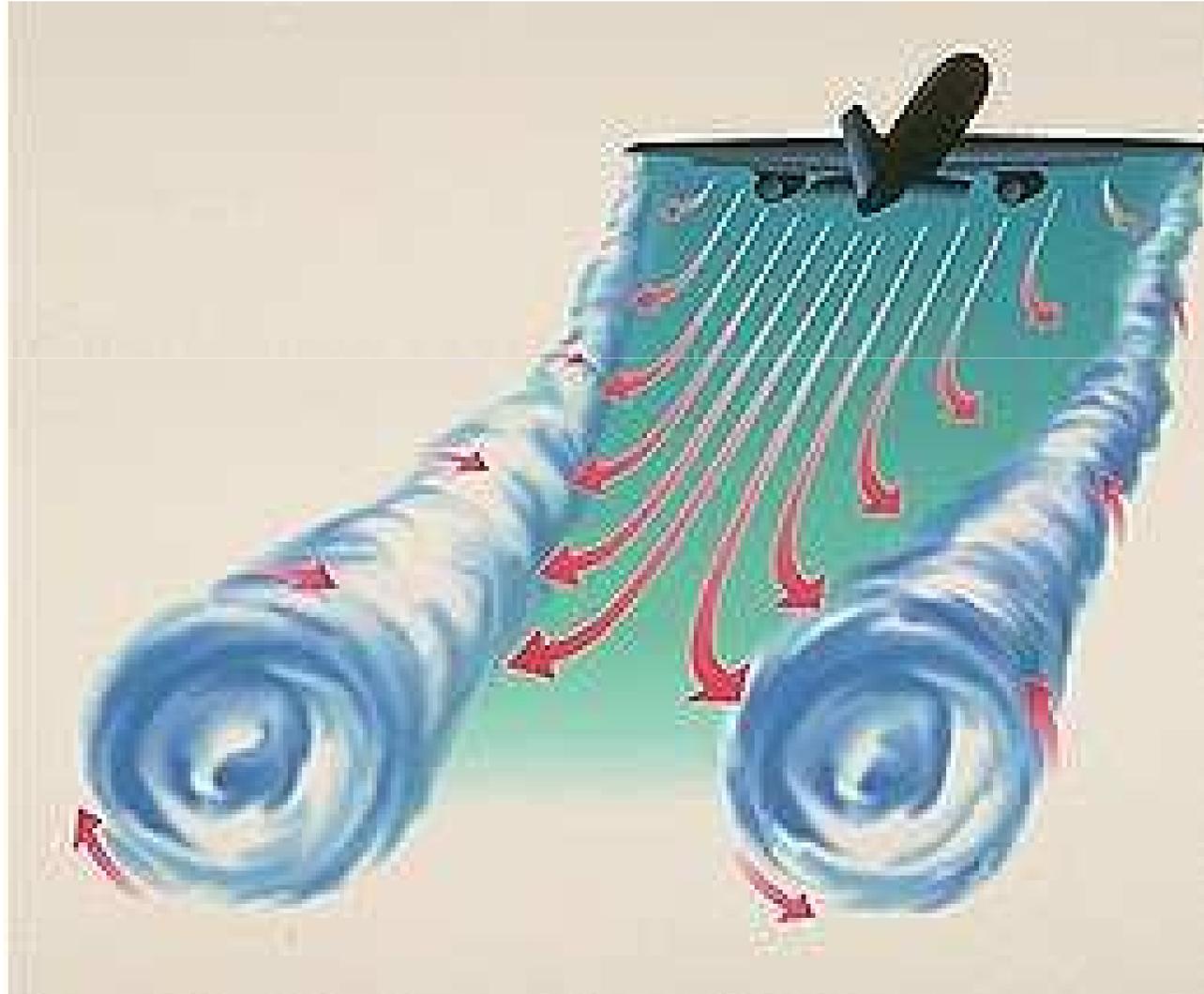
	TIPO DE CONTROLE NA ÁREA TERMINAL			
	CONVENCIONAL		RADAR	
	separação	mov/h	separação	mov/h
ATERRAGENS	5'	12	3 mn - 2'	30
DECOLAGENS	1'	55	1'	55
ATERRAGENS & DECOLAGENS	-	24	-	55

3 mn - 3 milhas náuticas

2' - 2 minutos



Esteiras de turbulência





Esteiras de turbulência





Esteiras de turbulência



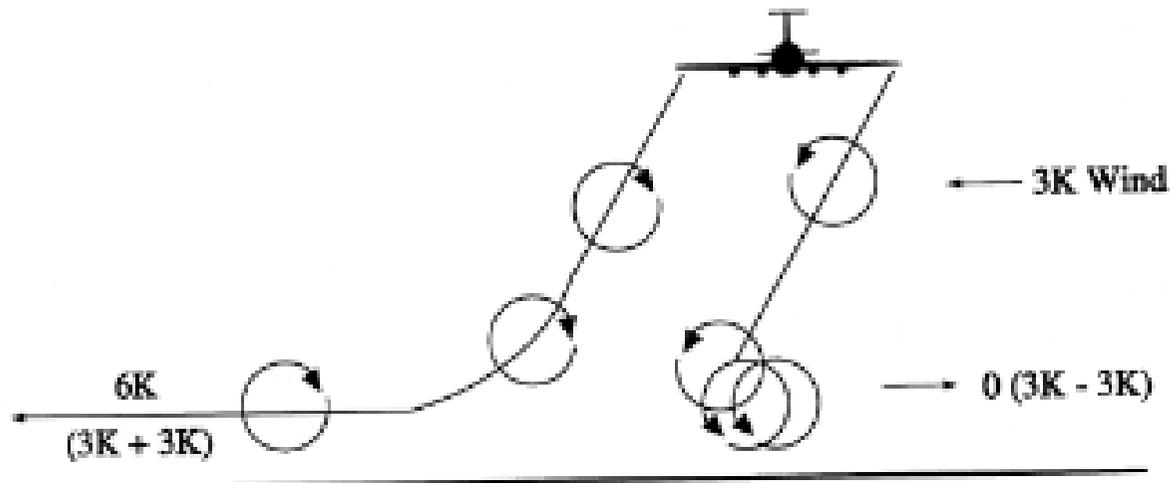
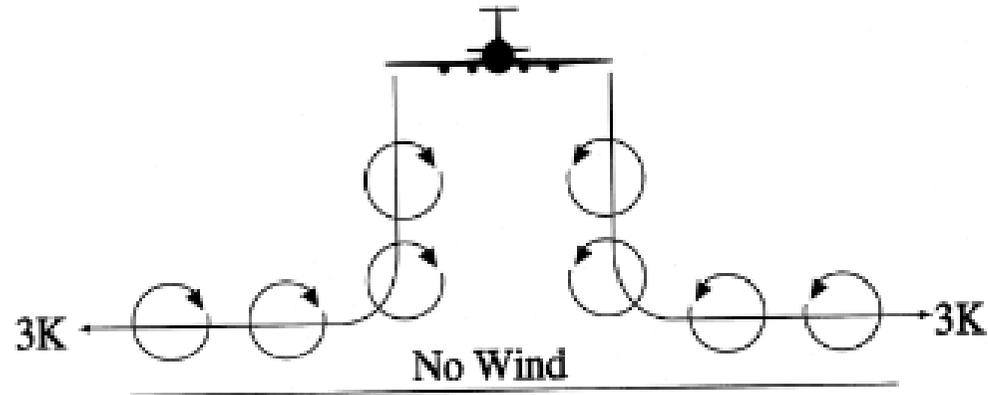


Esteiras de turbulência





Esteiras de turbulência





Esteiras de turbulência

Mais fortes

quanto mais pesado o avião
quanto mais lento o voo
quando estiver com *flaps* e *slats*

→ aterragens e decolagens

→ necessário aumentar a separação

aviões menores atrás de maiores

separações 3 mn → 4, 5 e 6 mn



Esteiras de turbulência

separações mínimas entre aviões em aproximação para pouso

		AVIÃO ATRÁS			
		SUPER	PESADO	GRANDE	PEQUENO
AVIÃO À FRENTE	SUPER Airbus A 380	4	6	7	8
	PESADO > 140 ton	3	4	5	6
	GRANDE 19 ton - 140 ton	3	3	3	5
	PEQUENO < 19 ton	3	3	3	3



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Aeroportos e Transporte Aéreo

Estudos de capacidade

Capacidade de pistas



ESTUDOS DE CAPACIDADE

→ **dimensionar instalações**

pistas, caminhos de circulação/*taxiways*, pátio, terminais, ...

base → projeção de demanda

dois “tempos” importantes:

horizonte de projeto – configuração final do aeroporto
→ área global do sítio aeroportuário

evolução da demanda – fases de desenvolvimento
→ minimizar atrasos e ociosidade

equilíbrio = análise de custo x benefício

custos – investimento em obras

benefício – redução de atrasos



CAPACIDADE DE PISTAS

Afetada por

- **configuração de pista(s) – quantidade, separação, ângulo relativo e sentido de operação** pistas em ângulo
- **configuração de caminhos de circulação/taxiways – acessos e saídas**
- **auxílios-rádio – operação em condições meteorológicas ruins (IFR)**
- **tipos de controle de tráfego aéreo na TMA – convencional ou radar**
- **tipos de avião – separações dependem de pesos e velocidades relativas**
- **disponibilidade de espaço aéreo – restrições aumentam separações** como?
- **procedimentos de redução de ruído – fechamento total ou parcial** por que?



CAPACIDADE DE PISTAS

É função de

- quantidade
- separação
- ângulo relativo
- sentido de operação pistas em ângulo

Tabela de capacidade de pistas do FAA

depende também de:

- tipos de aviões mix maior = aviões maiores
- operação IFR ou VFR

TABLE 3-8 Runway Capacities for Long-Range Planning

Runway configuration		Mix	PANCAP	%IIOCAP	
Layout	Description			IFR	VFR
	Single runway (arrivals = departures)	1	215,000	53	99
		2	195,000	52	76
		3	180,000	44	54
		4	170,000	42	45
	Close parallel (IFR dependent)	1	385,000	64	198
		2	330,000	63	152
		3	295,000	55	108
		4	280,000	54	90
	Independent IFR approach/departure parallels	1	425,000	79	198
		2	390,000	79	152
		3	355,000	79	108
		4	330,000	74	90
	Independent IFR arrivals and departures	1	430,000	106	198
		2	390,000	104	152
		3	360,000	88	108
		4	340,000	84	90
	Independent parallel plus two close parallel	1	770,000	127	396
		2	660,000	126	304
		3	590,000	110	216
		4	560,000	108	180
	Widely spaced open V with independent operations	1	425,000	79	198
		2	340,000	79	136
		3	310,000	76	94
		4	310,000	74	84
	Open V, dependent, operations away from intersection	1	420,000	71	198
		2	335,000	70	116
		3	300,000	63	94
		4	295,000	60	84
	Open V, dependent, operations toward intersection	1	235,000	57	106
		2	220,000	56	86
		3	215,000	50	66
		4	200,000	50	53



London Gatwick – LGW

Runways			
Direction	Length		Surface
	m	ft	
08L/26R	2,565	8,415	Asphalt
08R/26L	3,407	11,178	Asphalt

Statistics (2016)	
Passengers	43,119,628
Passenger change 15–16	▲ 7.1%
Aircraft Movements	280,666
Movements change 15–16	▲ 4.8%
Gates	115 (in terminal)



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Aeroportos e Transporte Aéreo

London Gatwick – LGW





London Gatwick – LGW





3078 m