

PTR-2505 Transporte aéreo e aeroportos

1. A essência de um aeroporto

→ ponto de transferência entre modos distintos de transporte, um deles o aéreo

2. O voo representa apenas uma parte do tempo total de uma viagem:

deslocamento “porta-à-porta”, que é o que interessa. Exemplo de um voo entre São Paulo – Guarulhos e Belo Horizonte – Confins:

deslocamento Poli – Guarulhos	1,5 h
antecedência de chegada em Guarulhos	1,0 h
tempo de voo	0,7 h
tempo em Confins (retirada de mala, espera de transporte)	0,2 h
deslocamento Confins – Belo Horizonte	0,8 h
total	4,2 h

$$\% \text{ tempo de voo} / \text{tempo total} = 1/6 = \sim 16\%$$

Possíveis atuações no sentido de reduzir o tempo total de deslocamento:

- reduzir os tempos de deslocamento terrestre
→ localização do aeroporto e melhorias de transporte terrestre
- reduzir os tempos no aeroporto
→ concepção e operação do aeroporto
- reduzir o tempo de voo
→ processos e operações de controle de tráfego aéreo

3. O aeroporto como um sistema e seus subsistemas

Os lados **aéreo** e **terrestre** de um aeroporto, e seus subsistemas

lado aéreo “airside” aviões	pistas caminhos de circulação pátio (estacionamento de aviões)	“runways” “taxiways” “apron”
lado terrestre “landside” veículos terrestres	terminal de passageiros estacionamento vias de acesso/egresso e internas	passageiros/pessoas veículos terrestres veículos terrestres

→ ver “Aeroporto texto.doc”

4. Para a próxima aula (“dever de casa”):

No site www.infraero.gov.br, em **Estatísticas de Aeroportos**:

- analise os dados numéricos da demanda de 2009 (total anual indicado em Dez09) indicados em termos de passageiros e movimentos de aeronaves dos aeroportos de São Paulo (Guarulhos, Congonhas, Viracopos, Marte e São José dos Campos),
- faça (**à mão**) uma tabela (tipo planilha eletrônica) com os dados com movimentos de aeronaves – “**aeronaves (unid.)**” e passageiros embarcados+desembarcados – “**passageiros (unid.)**” –, dividindo-os em domésticos, internacionais e totais,
- para cada dos cinco aeroportos indicados, divida os passageiros pelos movimentos de aviões (dom, int e ttl): **os valores obtidos representam o número de passageiros por movimento de aeronave**,
- dividindo estes últimos valores por 0,6 equivale e calcular a quantidade de assentos por avião, supondo que o aproveitamento (índice médio de ocupação de assentos) é de 60%,
- a tabela a ser feita é algo como (dados reais de 2009, relativos à Brasília):

	movimentos aeronaves			passageiros (emb+desemb)			pax por movimento			assentos por movimento		
	dom	Int	Ttl	dom	int	ttl	dom	Int	ttl	dom	int	Ttl
Brasilia	159.016	3.333	162.349	12.056.606	157.219	12.213.825	76	47	75	108	67	107

Pesquisar também outros sites que serão usados no curso.

- Organização de Aviação Civil Internacional www.icao.int
- International Air Transport Association www.iata.org
- Boeing www.boeing.com/commercial/airports/plan_manuals.html
- Airbus www.airbus.com/index.php?id=299

5. Padronização no transporte aéreo

por que padronizar?
o que padronizar?
como padronizar?

- velocidades e alcances dos aviões → padronização do transporte aéreo deve ser regida por entidades nacionais e, principalmente, **internacionais** (órgãos reguladores) através de normas
- em 1944, quando, ao final da segunda guerra mundial e com a perspectiva de transferência, para operações civis, de milhares de aviões usados no transporte militar, 53 **países** reuniram-se em Chicago, na Conferência de Aviação Civil Internacional, e decidiram constituir a

OACI/ICAO (Organização de Aviação Civil Internacional – International Civil Aviation Organization), com a finalidade de estabelecer uma **padronização técnica no transporte aéreo** (ver relação de anexos à carta da convenção, distribuída por e-mail em Aeroportos texto 05Ago10)

- padronizações são necessárias uma vez que resultam em **segurança e economia (por que?)**
- padronizar: regras e procedimentos de segurança, medidas, superfícies de limitação de obstáculos, sinalização, comunicação, áreas de circulação, características de pistas, de comunicação, de habilitação de pessoal, ... → **aspectos técnicos (não é regulação econômica!)**
- padronizações são importantes para a segurança, mas também geram economia → **relevância da segurança frente à economia** (de escala, resultante de padronizações)
- como à ICAO pertencem países, com diferenças grandes entre eles, nem sempre eles chegam a consenso quanto a aspectos técnicos → consenso geram **padrões técnicos**, e aspectos não consensuados geram **procedimentos recomendados; ambos constituem a forma com que os anexos à carta da convenção são apresentados (exemplo).**

6. Determinação do comprimento de pista

O comprimento de uma pista depende de alguns fatores:

- o tipo do avião, uma vez que há aviões que operam em pistas mais curtas do que outros; da mesma forma, há os que voam mais rápido e mais longe do que outros (e não é coincidência que os que operam em pistas curtas não voam muito rápido nem muito longe)
- fatores ambientais
- o peso do avião
- aspectos de segurança

Tipo do avião

A sustentação de um avião é função da densidade do ar, do quadrado de sua velocidade, da superfície de sua asa e do tipo de sua asa (do perfil desta asa, que afeta o seu coeficiente de sustentação). Aviões podem ter asas que lhe permite decolar em pistas pequenas (“decolar curto”) ou não, sendo que os primeiros normalmente devagar em distâncias curtas (e.g. aviões com hélices), ao passo que os outros voam etapas longas em maiores velocidades (e.g. jatos comerciais).

Jatos comerciais possuem perfis delgados – com baixos coeficientes de sustentação –, que lhes permitem voar em grandes velocidades (0,7 M a 0,9 M), e, normalmente, grandes distâncias. Assim se um jato voa 500 kt (cerca de 950 km/h) em altitude de cruzeiro (30.000 ft a 40.000 ft), ao voar em baixas altitudes,

próximo de um aeroporto onde irá pousar, sua velocidade mínima pode ser reduzida para cerca de 250 kt. No entanto, a esta velocidade, ao tocar o solo seus pneus provavelmente explodirão, além de ser necessária uma pista longa.

Para reduzir a velocidade de aterragem/decolagem dos aviões, aumentando, assim, sua sustentação em baixas velocidades, há necessidade de serem usados dispositivos de hiper-sustentação: *flaps* no bordo de ataque (frente) das asas, e *slats* em seus bordos de fuga). Estes *flaps* e *slats* não só aumentam o tipo de perfil da asa (aumentando seu coeficiente de sustentação), como aumentam a própria área da asa.

Aspectos ambientais

Como a sustentação é função direta da **densidade do ar**, há aspectos meteorológicos que afetam a sustentação, como a **temperatura** e a **pressão** do ar no local de operação.

Por outro lado, o **vento**, que representa um aspecto meteorológico importante, certamente afeta o comprimento necessário de pista: quanto maior o vento de proa, menor será a pista necessária, uma vez que aviões sempre operam (decolam e aterraram) contra o vento. No entanto, a condição mais conservativa, usada no dimensionamento, é a de vento nulo.

Há, também, aspectos ambientais mais gerais que afetam a pista necessária: a **altitude** da pista (quanto mais alta, menor a densidade do ar, e, portanto, maior a pista necessária), e o **greide** da pista (quanto mais inclinada, maior a pista necessária para o avião que “suba” a pista, e menor para o que “desça” a pista).

Peso do avião

Os pesos característicos de aviões (e suas composições) são:

- peso básico operacional (PBO)
- carga paga
- peso zero combustível
- combustível total
- peso de decolagem
- combustível consumido
- peso de aterragem

Os fatores que afetam o peso básico operacional:

- configuração: quantidade de assentos (classe econômica, executiva e primeira → conforto do assento), quantidade de toaletes

nota: quantidade máxima de assentos a bordo = quantidade máxima de pessoas que evacuam um avião durante 90 s pelas portas e pelas saídas sobre as asas existentes em apenas um dos lados do avião (supõe-se que o outro lado está, por exemplo, impossibilitado de ser usado por incêndio)

nota: aviões têm janelas pequenas para permitir flexibilidade no arranjo de configurações

- serviço de bordo: tamanho da etapa a ser voada e tipo de serviço de bordo → mais ou menos comidas e bebidas
- quantidade de tripulantes: melhor serviço de bordo (tripulantes comerciais) e duração do voo (tripulantes técnicos e comerciais)
- pesos das instalações dos aviões (por exemplo, quanto mais leves os assentos, mais caros eles são)

Limites estruturais (definidos por projeto e homologados) e operacionais (homologados em função de comprimento de pista e fatores ambientais e meteorológicos)

7. Nomenclatura de pistas – orientação de pistas

As pistas são denominadas em função de sua orientação magnética (por isto esta denominação muda ao longo do tempo, em face da mudança da declinação magnética, como foi o caso das pistas de CGH, que mudaram de 16/34 para 17/35). Assim, o par de números que a denomina refere-se a uma aproximação desta orientação, em termos de dezena de graus magnéticos (pista 35 = orientação magnética entre 346° e 355°).

Quando há duas ou mais pistas paralelas, elas recebem uma segunda denominação na forma de uma (ou duas letras), indicando, para o piloto em aproximação, qual a posição relativa das pistas: a da esquerda (L de *left*), e do meio (C de *centre*) ou a da direita (R de *right*)

8. Determinação do comprimento de pista - continuação

Gráfico de carga paga x alcance

Forma, limitantes, variáveis/dimensões, obtenção do peso de decolagem (terceira dimensão) para obter o comprimento de pista com outro gráfico (peso de decolagem x pista necessária em função de altitude da pista).

Para se ter um gráfico de alcance x pista necessária é necessário ter-se uma carga paga padrão (máximo estrutural, máximo volumétrico, ou só passageiros e bagagens)

Comparação de tipos diferentes de aviões (B 737, B 777, B 747, A 320 e A 380)

- cada tipo pode ter vários modelos (e.g. B 737-200, 737-300, ..., 737-900)

- os vários tipos de aviões têm capacidades distintas de carga paga (mais ou menos passageiros e carga) e combustível (mais ou menos carga paga e/ou alcance)
- relevância de aviões com fuselagem larga (dois corredores na cabine de passageiros) frente aos de fuselagem estreita (apenas um corredor na cabine de passageiros), uma vez que aqueles tem uma maior capacidade pela levar carga propriamente dita (alem das bagagens de todos seus passageiros) → apresentação de exemplos

Fatores de segurança

Os fatores de segurança afetam a determinação do comprimento de pista de um aeroporto necessário para atender os aviões que nele operam. Devem ser consideradas quatro situações:

- **decolagem normal:** todos os motores funcionam normalmente
- **decolagem em pane:** todos os motores funcionam normalmente até um certo ponto – quando é atingida a velocidade mínima para continuar a decolagem, ou a máxima para abortar a decolagem – e a decisão é de prosseguir a decolagem
- **decolagem abortada:** todos os motores funcionam normalmente até um certo ponto – quando é atingida a velocidade mínima para continuar a decolagem, ou a máxima para abortar a decolagem – e a decisão é de abortar a decolagem
- **aterragem normal.**

9. Comprimentos característicos de pista (ICAO)

- TORA
- TODA = TORA + *clearway*
- ASDA = TORA + *stopway*
- LDA = TORA + cabeceira deslocada

10. Fatores de segurança que afetam a determinação do comprimento de pista de um aeroporto (continuação):

- **subida após decolagem**

necessidade de haver um gradiente mínimo de subida após a decolagem, em caso de pane em decolagem (com um motor a menos) → relevância em aeroportos altos e quentes (influência da densidade do ar)

11. Controle de Tráfego Aéreo – CTA

- O nível de segurança observado em veículos que se deslocam é inversamente proporcional ao fluxo de veículos observado → quanto maior a segurança menor será a velocidade dos veículos e maior sua separação. Por outro lado, quanto maior a velocidade e menor a separação dos veículos, maior seu fluxo, e, conseqüentemente, menor a segurança.
- O controle de tráfego, seja ele rodoviário ou aéreo, serve para, a partir de um nível mínimo aceitável de segurança, fazer com que o fluxo seja o maior possível. Ou seja, garantindo um nível de segurança, maximizar o fluxo. Assim, o controle de tráfego aéreo esta associado, no que se refere ao planejamento e ao projeto aeroportuários, ao estudo de capacidade de aeroportos; isto é, para que se possa verificar **quantos movimentos (aterragens + decolagens) podem ocorrer em um dado período de tempo** (uma hora, um dia, um mês ou um ano) **na(s) pista(s)** de um aeroporto.
- No tráfego rodoviário, onde se supõe haver sempre uma visibilidade que permita ao motorista ver o caro da frente, há um limite objetivo de segurança representado por uma velocidade máxima, e um limite subjetivo, representado pela separação que o motorista mantém do carro à sua frente. No caso de aviões, ocorre o mesmo se o **vôo é visual** (quando se aplicam as regras de vôo visuais ou, em inglês, **visual flight rules – VFR**). Notar que aviões tem uma velocidade mínima de voo.
- Quando as condições meteorológicas não permitem vôo visual, só pode haver **vôo por instrumentos**, quando se aplicam as regras de vôo por instrumentos (ou **IFR – instrument flight rules**). Assim, é importante diferenciar quando ocorre VFR ou IFR.
- Em estradas a possibilidade de visão ocorre, essencialmente, em “uma dimensão “, ou seja, à frente. Aviões, por outro lado, deslocam-se no espaço tri-dimensional, mas em face de sua velocidade, e de forma análoga ao que ocorre com carros, considera-se a visibilidade em duas dimensões: a **visibilidade vertical**, denominada **teto**, e a visibilidade horizontal, denominada apenas visibilidade. Assim, define-se a aplicação de VFR ou de IFR segundo as **condições de teto e visibilidade**.
- Como interessa saber qual o número máximo de movimentos que pode ocorrer em, por exemplo, uma hora, interessa saber quais as condições mínimas de teto e de visibilidade de operações visuais (VFR) ou de operações por instrumentos (IFR). Um aeroporto esta aberto para operações visuais (isto é, operando VFR) se os mínimos de teto e visibilidade forem 450 m e 5 km. Se qualquer uma destas duas condições não for atendida, o aeroporto **estará fechado para operações visuais**.e,

portanto, **só poderá operar por instrumentos se o aeroporto estiver dotado de instrumentos.**

- Denominam-se “instrumentos” os **auxílios-rádio** que permitem aviões operarem em condições de teto e visibilidade inferiores às de voo visual (VFR). Em termos gerais, os instrumentos (a serem considerados neste curso) são o **rádio-farol** (de dois tipos, o **NDB** – non-directional beacon e o **VOR** – VHF omnirange) o **sistema de aterragem por instrumentos (ILS – *instrument landing system*)** e o radar.
- **Rádio-faróis e ILS’s permitem aeroportos operarem IFR, e, portanto, a reduzirem seus mínimos operacionais de teto e visibilidade; aumentam, desta forma, o tempo de operação de um aeroporto (ou o tempo que ele fica “aberto”).** Assim, o uso de um radio farol permite que os mínimos operacionais de teto e visibilidade passem de 450 m e 5 km (VFR), para, por exemplo, 150 m e 1, 5 km. Já um ILS fará com que estes mínimos de teto e visibilidade reduzam-se para, respectivamente, 60 m – 800 m (ILS categoria 1), 30 m – 400 m (ILS categoria 2) e 0 m – 0 m (ILS categoria 3C).

12. Controle de Tráfego Aéreo – CTA (continuação)

- CTA (aula passada):
 - objetivo: respeitado um nível de segurança, maximizar fluxo → aterragens + decolagens (por hora)
 - conceito de voo visual (separação é responsabilidade dos pilotos) e de vôos por instrumentos (separação é do CTA)
 - operações visuais (VFR) ou por instrumentos (IFR) dependem da visibilidade vertical (TETO) e da visibilidade horizontal (VISIBILIDADE)
 - quando não há nem TETO nem VISIBILIDADE para operações visuais → necessidade de instrumentos para permitir operações por instrumentos
 - instrumentos = auxílios-rádio (**rádio-faróis/NDB/VOR, ILS, radar**) → quanto mais precisos, menores os valores de teto & visibilidade → maior o tempo de operação do aeroporto → maior sua capacidade
 - base de um auxílio-rádio: **transmissor em terra + receptor a bordo + operador (piloto) habilitado**
- O CTA pode ocorrer em alguns tipos de espaço aéreo: aerovias, áreas terminais (**TMA** – terminal area) e zonas de aeródromos (**ATZ** – aerodrome traffic zone), dos quais os dois últimos interessam mais diretamente ao estudo de capacidade de pistas. O CTA de uma área

terminal (**TMA**) é exercido por um órgão denominado **controle de aproximação – APP**, e em uma zona de aeródromo (**ATZ**) é exercido pela **torre de controle – TWR**.

- Como foi dito, quando não há condições VFR, os vôos operam por instrumentos. Neste caso, quando em uma área terminal – TMA – há um radar, o controle de tráfego aéreo exercido pelo APP é um **controle radar**, que permite aos controladores de vôo acompanhar os vôos por eles controlados na tela do radar. Por outro lado, quando não há radar, os aviões são separados por altitude de acordo com procedimentos pré-estabelecidos, e, neste caso, ocorre o **controle convencional**. Assim, **não há controle (de tráfego aéreo) visual ou por instrumentos**, mas **controle convencional ou controle radar**.
- No caso de controle convencional na TMA, como os controladores não tem radar, há necessidade de separar os aviões por altitudes e fazendo-os seguirem procedimentos padronizados (OACI/ICAO), tanto antes da aterragem (**procedimentos de descida**) como após a decolagem (**procedimentos de subida**). A não existência de radar implica separações maiores entre aviões no ar para que se possa manter níveis mínimos e segurança. Neste caso, e em função do procedimento adotado, normalmente **as aterragens ocorrem a cada 4 a 5 minutos**, o que resulta em uma capacidade aproximada de **12 aterragens por hora em controle convencional**..
- Por outro lado, se há um radar, os controladores podem visualizar os aviões que operam na área terminal; em suas telas. Assim, mantendo o mesmo nível de segurança anterior, os aviões podem ser separados de **5 milhas náuticas na área terminal**, e, quando na reta final de aproximação para aterragem, esta separação pode ser **reduzida para 3 milhas náuticas**. Como para jatos comerciais a velocidade média de aproximação é da ordem de **120 kt (1 nó = 1 milha náutica por hora)**, as **separações entre aterragens em controle radar são de cerca de 2 minutos**, o que resulta em uma capacidade de **30 aterragens por hora**..
- Resta verificar a capacidade de decolagens por hora e a de aterragens + decolagens por hora. Para tal necessário conhecer **as três regras de tráfego aéreo que afetam a capacidade de pistas**:
 - **Há uma separação mínima entre aviões no ar → quanto maior a separação, menor a capacidade de pistas**. De fato, o uso de um controle convencional resulta numa separação entre aeronaves no ar maior do que quando há um controle radar → investimento em um radar em uma TMA aumenta de 2,5 a capacidade de aterragens/hora das pistas ali existentes.

- **Não pode haver ocupação de uma mesma pista por mais de um avião aterrando ou decolando → quanto mais tempo um avião permanecer na pista decolando ou aterrando, menor a capacidade desta pista.** Assim, acessos e saídas de pista que minimizem seus tempos de ocupação aumentam a capacidade de pistas.
- **Aterragens têm preferência sobre decolagens → como aterragens normalmente ocupam mais a pista do que decolagens, uma maior incidência de aterragens do que decolagens em uma mesma pista reduz a capacidade desta pista.**
- Com base nestas regras, em uma mesma pista só pode haver decolagens se, entre duas aterragens a pista ficar livre por um tempo que permita uma decolagem, o que normalmente ocorre quando as saídas de pista (e os acessos à ela) são bem localizados. Neste caso, a capacidade de operações mistas (aterragens + decolagens) desta pista será **24 mov/h (2 x 12 at/h) em controle convencional**, ou **60 mov/h (2 x 30 at/h) com radar**.
- Para capacidade de uma pista que opere apenas aterragens, se os acessos à pista forem bem localizados (em seu início), o tempo de ocupação de pista é da ordem de 1 minuto por decolagem, o que resulta cerca de **60 dec/h, tanto em controle convencional como radar**.
- **Se auxílios- radio aumentam o tempo de operação de uma pista, aumentando sua capacidade média diária por permitir que o aeroporto fique menos tempo “fechado” para operações, o uso de controle radar aumenta a capacidade em termos de movimentos por hora.**

13. Controle de Tráfego Aéreo (continuação)

- Aviões geram **esteiras de turbulência**, que são vórtices (ar em rotação) gerados a partir das pontas das asas de aviões em vôo, e que são tão maiores quanto maiores forem os aviões e mais devagar voarem. Estas condições são encontradas próximo dos aeroportos, e como estes vórtices podem derrubar aviões menores, muitas vezes é necessário aumentar a separação entre aviões acima dos mínimos acima indicados, em especial quando a aviões menores voem atrás de aviões maiores. As separações entre aviões no ar podem passar das 3 milhas náuticas normais em controle radar para até 6 milhas náuticas, quando um avião

menor (p.ex, um bimotor comercial a hélice tipo ATR-42) voe atrás de um grande (*wide body* do tipo B 747).

14. Capacidade de pistas

- As análises de capacidade servem, essencialmente, para a identificação e a quantificação das instalações físicas necessárias para atender a demanda. Assim, análises de capacidade de pistas servem, em primeiro lugar, **para determinar a configuração final de um aeroporto**, no que se refere a:
 - configuração de pistas (quantidade, separação e orientação relativa),
 - configurações de caminhos de circulação (*taxiways*) – acessos e saídas de pista, e ligações da(s) pista(s) ao(s) pátio(s) de estacionamento de aviões,
 - estacionamentos: área e arranjo físico (*lay-out*).

Ou seja, quantificam-se as necessidades do lado aéreo de um aeroporto (aeródromo), e, portanto, de grande parte do próprio aeroporto.

- No entanto, se a configuração de pistas e de caminhos de circulação (*taxiways*) para atender a demanda no horizonte de projeto (e.g., 30 anos) for construída de imediato, haverá uma capacidade ociosa tão maior quanto maior for o crescimento previsto da demanda. Assim, as análises de capacidade servem também para **identificar as fases com que um aeroporto devesse ser ampliado**.
- Como a demanda aumenta de forma contínua, ao passo que a capacidade aumenta de forma discreta, não é possível fazer com que a capacidade acompanhe a demanda. De fato, se uma pista atende 60 movs/h, e se a demanda ultrapassa este valor, não se pode fazer meia (0,5) pista de forma a atender a um crescimento gradual e contínuo da demanda, mas apenas atendê-lo de forma discreta, com a construção de mais uma pista.
- A identificação das fases de ampliação de um aeroporto, de forma a aumentar (discretamente) sua capacidade, é feita através de análises de custo – benefício. Em tais análises, comparam-se os custos de ampliação (p. ex., os custos de construção de uma nova saída de pista) com os benefícios resultantes desta obra, medidos em reduções de atraso. Notar que normalmente os custos de construção são mais diretamente quantificáveis que os de redução de atrasos (**por que?**)
- De modo geral, os fatores que afetam a capacidade de pistas dependem de:

- configuração de pistas: quantidade (quanto mais pistas, maior a capacidade), espaçamento (quanto mais separadas, maior a capacidade) e ângulo relativo entre pistas (pistas paralelas permitem uma maior capacidade)
- configuração de caminhos de circulação: quanto mais acessos e saídas de pista, menor o tempo de ocupação da pista, e maior a capacidade
- auxílios-rádio existentes: que permitem um aeroporto operar por instrumentos (IFR), e, portanto, durante um maior tempo, aumentando a capacidade do aeroporto → associado às condições meteorológicas da área em que situa o aeroporto
- tipo de controle de tráfego aéreo na área terminal (TMA), exercido pelo controle de aproximação (APP): convencional ou radar, este propiciando uma maior capacidade
- tipos de avião em operação: quanto mais diferentes entre si suas velocidades ou seus pesos, maior será a separação média entre eles, e, portanto, menor a capacidade (**por que?**)
- disponibilidade de espaço aéreo: quanto mais restrito o espaço aéreo em termos topográficos, menor será a possibilidade de ter-se trajetórias distintas de subidas (e mesmo de aproximação), o que pode aumentar as separações entre movimento, reduzindo a capacidade do aeroporto
- estratégia de uso de pistas: no caso de haver mais de uma pista, como devem ser alocadas as aterragens e/ou decolagens a cada uma delas.

15. Revisão de capacidade de pistas:

- um estudo de capacidade visa, essencialmente, o dimensionamento de instalações
- os objetivos gerais de estudos de capacidade aeroportuária são:
 - determinar a configuração final de um aeroporto, de forma a saber a necessidade de área global para sua implantação
 - determinar, e dimensionar, quais as fases de desenvolvimento que se prevê para que não haja nem excesso de ociosidade, nem de congestionamento
- em termos gerais, a capacidade de pistas depende de:
 - configuração (das pistas, dos caminhos de circulação, etc.)
 - do meio em que os aviões operam (e.g. existência ou não de obstáculos e de restrições de ruído)

- das disponibilidades de auxílios rádio e de instalações de controle de tráfego aéreo (e.g., controle convencional ou radar e auxílios-rádio disponíveis)
- fatores que afetam a capacidade de pistas
- apresentação de exemplos (do FAA) de capacidade prática de pistas em termos anuais (PANCAP) ou horários (PHOCAP), em função do tipo de condições meteorológicas (IFR ou VFR) e do mix de aviões (composição dos tipos de avião em operação, com predominância de aviões menores ou maiores), que indicam a relevância da separação e do ângulo relativo entre as pistas → ver arquivo anexo “**Capacidade de Pistas.jpg**”

16. O planejamento e o projeto aeroportuários normalmente são divididos em etapas, sendo as duas primeiras muitas vezes conjugadas:

- estudo de viabilidade
- plano diretor
- projeto básico
- projeto executivo
- projeto *as built*.

Certamente há um maior aprofundamento e detalhamento entre estas etapas, mas um dos pontos fundamentais para que se faça esta divisão é o **ganho de tempo**. De fato, uma vez terminado o plano diretor, já se tem uma boa estimativa do volume de terraplenagem necessário (importante para que se saiba que tipo de empreiteira poderá se candidatar), o que permite já iniciar o processo de licitação da obra. Da mesma forma, ao finalizar-se o plano diretor, ou o projeto básico, já se conhece alguns dos equipamentos que serão necessários, e que exigem tempo para que possam ser entregues, como radares, auxílios rádio, sistemas e equipamentos e iluminação de pistas. Se isto for assim feito, ao iniciar-se, por exemplo, a construção da pista, já estarão disponíveis os equipamentos e iluminação que ficarão embutidos na pista, como é o caso das luzes de balizamento de centro e de cabeceiras de pista.

Ou seja, divide-se o planejamento e o projeto aeroportuários em fases (plano diretor – projeto básico – projeto executivo – e projeto *as built*), porque há um detalhamento progressivamente maior ao longo destas fases, essencialmente **economiza-se tempo** ao dividir em fases, uma vez que, por exemplo:

1. No final do plano diretor, por já se ter uma idéia dos volumes de terraplenagem que serão necessários, pode-se iniciar o processo de licitação, selecionando-se as empreiteiras capazes de realizar tais volumes. Ao mesmo tempo, uma vez conhecidos os equipamentos necessários ao aeroporto (auxílios-rádio, luzes de pista, etc.), eles poderão ser encomendados.
2. Ao final do projeto básico, a terraplenagem pode ser iniciada, de forma a se ter o terreno pronto para as demais obras ao término do projeto

executivo. Da mesma forma, os equipamentos anteriormente encomendados já estarão disponíveis para instalação quando necessários.

Assim, o planejamento aeroportuário é representado, essencialmente, pelo **plano diretor aeroportuário** (seguido pelos projetos **básico**, **executivo** e “**as built**”). Um tal planejamento:

3. É necessário para **evitar desperdício de recursos**
 - Guarulhos tem sua expansão comprometida pela dificuldade de se construir uma terceira pista, “parcialmente prevista” no plano diretor, e cuja construção hoje é ainda mais dificultada pelas desapropriações necessárias e que poderiam ter sido evitadas com o uso adequado do solo.
 - Mirabel, construído para os jogos olímpicos de Montreal, e que, por estar muito distante da cidade e por haver ainda um aeroporto próximo (Dorval), nunca teve seu potencial plenamente utilizado. Na realidade, depois de tudo o que foi feito para Mirabel, Dorval voltou a ser o principal aeroporto de Montreal, sendo que Mirabel está sendo usado apenas para vôos cargueiros e de *charter*.

4. Deve atender três **requisitos básicos**:
 - **prever área suficiente** para atender as ampliações que se façam necessárias, considerando a configuração final do aeroporto no horizonte de projeto e as fases previstas de expansão de forma a evitar ociosidade e atrasos, mas sempre destacando que previsões sempre podem ser vistas como “meros exercícios de futurologia”; assim, portanto, é conveniente haver “espaços de manobra” se por acaso a demanda prevista ficar abaixo da real.
 - **permitir operações seguras.**
 - **integrar-se ao meio ambiente**, tanto do ponto de vista da comunidade a que atende – e, portanto, como um nó de arcos multimodais de transporte – seja do ponto de vista respeitar o meio ambiente em que se insere.

5. É desenvolvido em **fases** que, em geral, são:
 - **levantamento de dados**, que permitirão a obtenção de todas as informações disponíveis que embasarão as atividades de planejamento, e que permitirão, inclusive, fazer as
 - **projeções de demanda**
 - **análises de capacidade**, de forma a, considerando a demanda futura, identificar as
 - **instalações do aeroporto**, como pistas, terminais, etc., todas elas permitindo uma

- **integração ao meio ambiente**, entendido este não apenas o ecológico, mas também o ambiente de transportes, o social, etc.

17. Planejamento aeroportuário – continuação

Para evitar desperdício de recursos, o planejamento aeroportuário deve atender três **requisitos básicos**:

- **prever área suficiente** para atender as ampliações que se façam necessárias, considerando a configuração final do aeroporto no horizonte de projeto e as fases previstas de expansão de forma a evitar ociosidade e atrasos, mas sempre destacando que previsões sempre podem ser vistas como “meros exercícios de futurologia”; assim, portanto, é conveniente haver “espaços de manobra” se por acaso a demanda prevista ficar abaixo da real.
- **permitir operações seguras.**
- **integrar-se ao meio ambiente**, tanto do ponto de vista da comunidade a que atende – e, portanto, como um nó de arcos multimodais de transporte – seja do ponto de vista respeitar o meio ambiente em que se insere.

O planejamento aeroportuário é desenvolvido em **fases** que, em geral, são:

- **levantamento de dados, que permitirão a obtenção de todas as informações disponíveis que embasarão as atividades de planejamento, e que permitirão, inclusive, fazer as**
- **projeções de demanda**
- **análises de capacidade, de forma a, considerando a demanda futura, identificar as**
- **instalações do aeroporto, como pistas, terminais, etc., todas elas permitindo uma**
- **integração ao meio ambiente, entendido este não apenas o ecológico, mas também o ambiente de transportes, o social, etc.**

O **conteúdo essencial** de um plano diretor aeroportuário refere-se aos dois últimos itens indicados acima, sendo que os três primeiros são, essencialmente, apenas o meio para se chegar ao resultado, que é o conteúdo básico, e que é composto de:

- **descrição de todas as instalações, aeroportuárias ou não**
- **uso do solo**, tanto no entorno do aeroporto (de forma a não criar conflitos com o meio ambiente social que cerca o aeroporto, e, assim, garantindo o uso futuro do aeroporto) como em seu interior, indicando a localização de instalações cujo desenvolvimento não costuma ser atribuição do aeroporto, como instalações de hotéis, de concessionárias de combustível, etc.

- **requisitos de acesso e de egresso**, que garantam ao aeroporto sua integração com a malha de transportes, e, assim, com o meio ambiente de transportes em que se insere.
- faseamento
- Verificação das **viabilidades** técnica, operacional, econômica e financeira e todos os empreendimentos e instalações previstas, sendo:
 - viabilidade econômica → isto se paga?
 - viabilidade financeira → há recursos para fazer?
 - viabilidade técnica → a tecnologia permite fazer?
 - viabilidade operacional → haverá quem opere?
- Identificação dos **impactos ambientais**, na operação do aeroporto, mas também em sua construção.

18. Localização de um sítio aeroportuário

Dentro do planejamento aeroportuário, a localização de um sítio para a implantação de um aeroporto situa-se no plano diretor: para iniciar a localização deve-se conhecer as características das instalações principais – e a área geral necessária –, o que só é possível depois de iniciado o plano diretor. Por outro lado, só se pode concluir o plano diretor de um aeroporto se conhecida a localização de sítio.

Características principais de um sítio aeroportuário:

- topografia e geologia
- uso de solo
- distância ao(s) centro(s) gerador(es)/atrator(es) de tráfego
- existência de utilidades públicas (energia, comunicação, vias e meios de transporte)
- **obstáculos**
- **meteorologia (direção e intensidade de ventos e condições de visibilidade)**
- existência de outro aeroporto próximo
-

19. Meteorologia aeroportuária

Operacionalidade é tempo em que o aeroporto efetivamente está aberto para operações dividido pelo tempo total que ele poderia operar se não estivesse fechado por razões meteorológicas. A ICAO estabelece que este percentual – relação de duas medidas de tempo – deve ser igual ou superior a 95%.

Dois aspectos meteorológicos podem impedir as operações em um aeroporto: suas condições de **teto e visibilidade** (teto é a visibilidade vertical, e visibilidade é a horizontal) e o as condições locais dos **ventos**.

- **Teto e visibilidade**

Se um aeroporto não possui balizamento noturno (que lhe permite operações noturnas, ainda que visuais), ele só poderá operar de dia; neste caso, o denominador que representa o tempo máximo em que este aeroporto pode estar aberto para operações

Notar que o tempo em que um aeroporto esta fechado durante a noite por questões de ruído não faz parte do denominador. Assim, Congonhas “fecha” por ruído entre 23 h e 06 h, e, desta forma, para este aeroporto o denominador da fração mencionada acima é 17 h.

As condições operacionais mínimas de teto e visibilidade de um aeroporto são função dos auxílios-rádio nele existentes:

- se nada houver instalado, ele só poderá operar em condições visuais , o que significa teto maior ou igual a 450 m, e visibilidade igual ou superior a 5.000 m;
- havendo um rádio-farol (alinhado com a pista), este aeroporto poderá, por exemplo, operar com condições mínimas de teto e visibilidade de 150 m e 1.500 m, respectivamente;
- se houver um ILS categoria I em uma das pistas, **esta pista** poderá operar com os mínimos de teto e de visibilidade de 60 m e 800 m, respectivamente.
- se houver um ILS categoria II em uma das pistas, **esta pista** poderá operar com os mínimos de teto e de visibilidade de 30 m e 400 m, respectivamente
- etc.

Assim, um aeroporto deve ter os auxílios-rádio que lhe permitam uma operacionalidade igual ou superior a 95%. No entanto, pode ocorrer esta operacionalidade mínima ser atendida sem, por exemplo, qualquer tipo de equipamento, mas ocorrerem também períodos do dia (horas), ou ainda do ano (meses), em que ela não é de todo satisfeita. Neste caso, apesar deste aeroporto atender aos requisitos mínimos da ICAO, o bom senso pode indicar ser necessário algum tipo de auxílio-rádio.

No que se refere a ventos, aviões possuem componentes máximos de ventos de través com que podem operar em uma pista, sendo que quanto maior o avião, maior o vento de través permitido. É, então, necessário analisar, para cada orientação de pista, a incidência de ventos de través acima de uma determinada intensidade/velocidade, valor este que representará a operacionalidade daquela pista para aquela velocidade de vento (e, conseqüentemente, para determinados aviões).

A ICAO estabelece que a captação de dados, tanto para uma análise anemográfica como para uma análise de teto e visibilidade, cubram um

período mínimo de cinco anos, com observações de hora em hora. Geralmente, tais dados são levantados apenas em estações meteorológicas de aeroportos. Quando estes não existem, usam-se dados de outras estações – geralmente as que levantam dados para agricultura – e fazendo-se correlações para o sítio aeroportuário a ser analisado.

As faixas de vento consideradas são as de vento calmo (entre 0 e 4 nós de velocidade), de 4 a 10 nós, de 10 a 13 nós, de 13 a 20 nós, de 20 a 30 nós e acima de 30 nós. Obviamente, considera-se apenas a componente de través do vento, ou seja, a componente ortogonal à direção da pista, uma vez que esta é a que afeta diretamente a operação dos aviões em aterragens e decolagens.

Assim, para um determinado sítio, verifica-se, com base nos levantamentos realizados e para todas as dezoito alternativas de orientação ou denominação de pistas (18/36, 01/19, 02/20, 03/21,....., 16/34, 17/35), qual a incidência de ventos de través maiores do que, por exemplo, 10 kt e 13 kt. Estes valores permitem obter a operacionalidade de todas estas pistas para os (componentes de) ventos de través indicados.

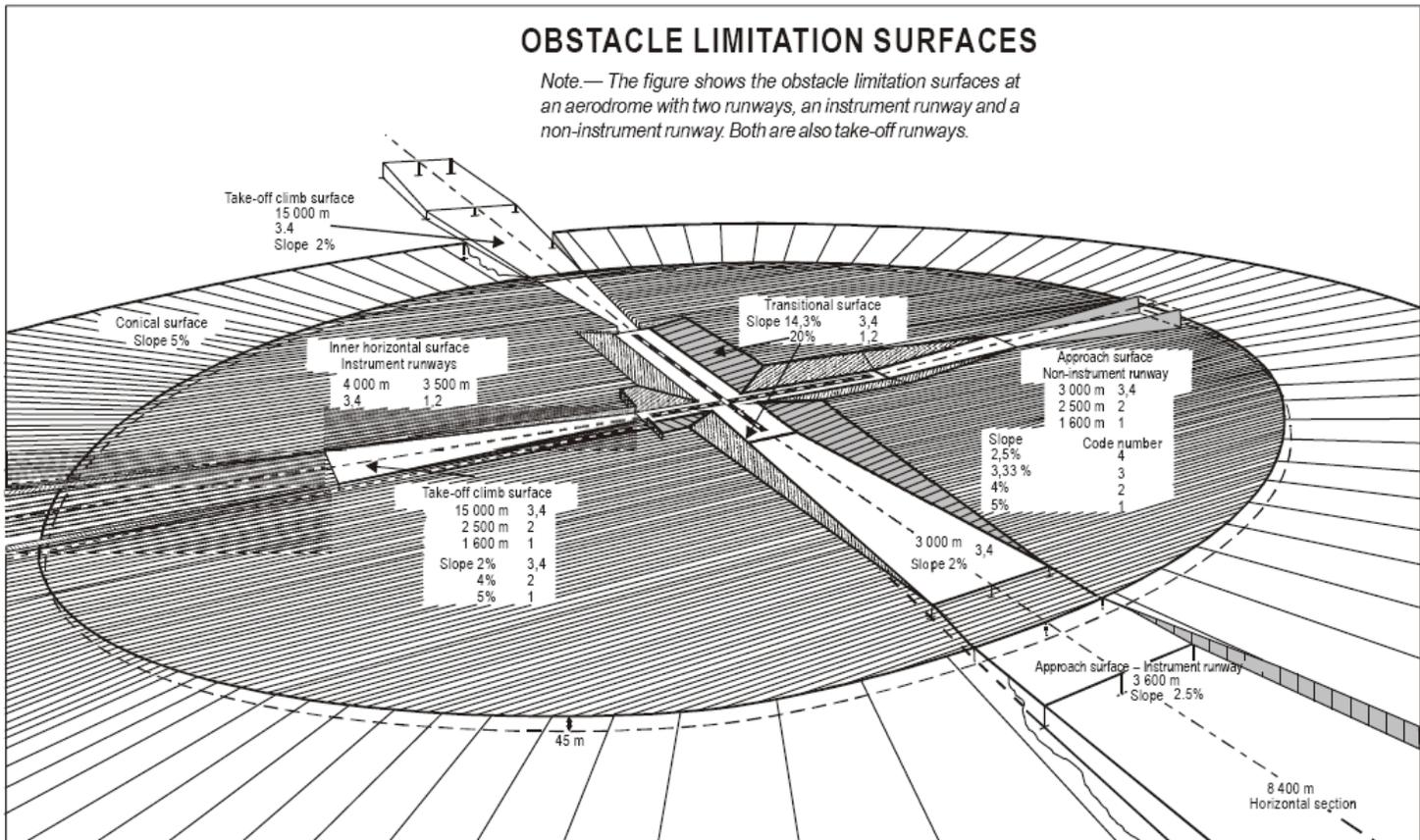
Se, em qualquer dos dois exemplos citados (10 kt e 13 kt, valores estes escolhidos em função do tipos/tamanhos dos aviões que lá irão operar) houver faixas de orientação de pistas que atendam a operacionalidade mínima, a pista a ser construída deverá ter sua orientação dentro desta faixa. Se, como no exemplo mostrado em classe, houver uma faixa de operacionalidade igual ou superior a 95% para 13 kt, mas não para 10 kt, haverá necessidade de uma segunda pista – chamada “pista de vento cruzado” – com uma orientação distinta da anterior, com ela formando um par de pistas conjunto que, em conjunto, atenderão a operacionalidade mínima.

21. Obstáculos – superfícies de limitação de obstáculos

Em aterragens e decolagens, aviões voam próximo do solo e em velocidades reduzidas, situações estas que reduzem suas margens de segurança. Além disto, é difícil localizar aeroportos em locais em que não haja obstáculos, sejam eles naturais (como morros e elevações de terreno), ou artificiais (como construções e torres).

Os obstáculos à volta de aeroportos são verificados/controlados através de superfícies de limitação de obstáculos, todas elas imaginárias, com uma única exceção (ver **Aeroportos texto**). **A função destas superfícies é:**

- No caso de seleção de um novo sítio aeroportuário, Identificar obstáculos existentes, sejam eles naturais ou artificiais. Se estes obstáculos comprometem a segurança das operações, deve-se decidir entre eliminá-los ou analisar outro sítio.
- No caso de um aeroporto existente, impedir que surjam novos obstáculos, artificiais.



22. Projeto geométrico de pistas – critérios dimensionais

- a. Em aeroportos, **critérios dimensionais são usados para orientar e padronizar suas dimensões**. Esta orientação e padronização se fazem necessárias não apenas por razões de economia de construção, mas principalmente, por segurança. Por exemplo, pistas com larguras e greides (inclinação longitudinal) variados podem fazer com que pilotos, em face de ilusões de ótica, executem aproximações com greides diferentes dos normalmente utilizados (~2%), o que pode resultar em tocar o solo antes do início da pista (*undershooting*) ou

além da posição normal de toque na pista (*overrunning*), situações que podem levar a acidentes.

- b. Critérios dimensionais **existem porque**, ao longo do tempo de operação de um aeroporto, **variam os aviões, a meteorologia e as técnicas de pilotagem**. Assim, tomando como exemplo a largura de uma pista, ela será tão maior quanto:
- maior for a largura do maior avião (crítico), seja ela a seu envergadura ou a bitola externa de seu trem de pouso;
 - maior for a intensidade do vento de través (componente ortogonal à pista do vento que nela incide);
 - menor for a capacidade do piloto em manter o avião no centro da pista
- c. A ICAO, no capítulo 3 de seu Anexo 14 (Aeródromos) à carta da Convenção que a criou, estabelece todas as dimensões (larguras e greides) das pistas e dos caminhos de circulação de um aeroporto, com a exceção de seu comprimento, que é um dos dados de entrada para a determinação dos critérios dimensionais.
- d. Assim, em **função do comprimento de uma pista e das dimensões de largura de seu avião crítico (envergadura e a bitola externa de seu trem de pouso)**, estabelecem-se os critérios dimensionais que orientarão e padronizarão **todas as demais dimensões** do lado aéreo deste aeroporto.
- e. Notar que estes critérios dimensionais estabelecerão também as dimensões das superfícies de proteção de obstáculos deste aeroporto, constantes do capítulo 4 do Anexo 14.
- f. As dimensões estabelecidas no capítulo 3 do Anexo 14 que dependem dos critérios dimensionais são, por exemplo:
- largura de pista, de caminhos de circulação (*taxiways*), de acostamentos, de faixas de pista e de faixas de caminhos de circulação
 - greides longitudinais (máximos totais e locais, mudanças máximas, linhas de visada, etc.) e transversais de pistas, de caminhos de circulação e de acostamentos
 - separações entre pistas
 - separações entre aviões nos pátios de estacionamento (o que resulta nas dimensões destes)
 - dimensões das superfícies de limitação de obstáculos

23. Heliportos/helipontos – helicópteros

- a. Helicópteros podem decolar (a aterrar) verticalmente, e fazer voo pairado (ficar parado no ar) em função de seu desempenho, que pode ser verificado pelo trio **peso do helicóptero – potência do motor – densidade do ar**. Se este conjunto de variáveis não for favorável, ele só decolará com o auxílio do **efeito solo** e da **auto-rotação**.
- b. Quando o motor de um helicóptero deixa de funcionar, ao contrário do que muitos pensam, ele não cai, mas plana (certamente menos do que um avião). Isto ocorre porque, ao perder energia potencial, ele pode ganhar energia cinética, e este deslocamento (quase) horizontal faz com que seu rotor ganhe velocidade, o que lhe aumenta a sustentação. Este fenômeno, através do qual **um aumento de velocidade horizontal causa um aumento de sustentação** é chamado de **auto-rotação**.
- c. Por outro lado, um helicóptero pode não conseguir fazer uma decolagem vertical (ou um vôo pairado), mas ele certamente poderá levantar verticalmente um pouco (1 m ou mais, dependendo de seu desempenho). O fato de um **vôo próximo do solo exigir menor potência do que um vôo longe do solo** é o resultado de um fenômeno chamado **efeito-solo**. Ele se aplica a qualquer aeronave, seja ela de asa fixa (avião) ou asa rotativa (helicóptero).
- d. Helicópteros só podem fazer decolar e aterrar verticalmente – ou fazer vôo pairado (ficar parado no ar, longe do solo) – se tiverem um bom desempenho, o que significa haver condições favoráveis de uma trinca de fatores: densidade do ar, peso e potência.
- e. Se não for possível a um helicóptero decolar verticalmente, ele poderá decolar usando uma combinação dos dois fenômenos mencionados: ganhar uma pequena altura sobre o solo (**efeito solo**) e, a partir daí, com a **auto-rotação**, deslocar-se horizontalmente de forma a ganhar a sustentação adicional necessária. Ou seja, se ele conseguir decolar verticalmente, ele poderá fazê-lo se houver uma **pista**.
- f. Da mesma forma que em aeroportos, heliportos têm que atender a algumas superfícies de limitação de obstáculos (semelhantes às principais superfícies de aeroportos, e em número menor):
 - a. superfícies de aproximação e de decolagem, com greide de 1:8 (12,5%)
 - b. superfície lateral, com greide de 1:2 (50%)
- g. O equivalente à faixa de pista de aeroportos é o que a ICAO, para heliportos, define como FATO (*final approach and take off area*), que é

uma área de forma quadrada que possui lados de 1,5 vezes a maior dimensão (comprimento ou diâmetro do rotor) do maior helicóptero que operara neste heliporto (helicóptero crítico).

- h. O FAA (Federal Aviation Agency) do governo norte-americano, por ser um organismo nacional e de uma nação com imenso desenvolvimento aeronáutico, especifica ainda uma área de toque (*touchdown pad*), que é, essencialmente, a área de toque da FATO, e que é um quadrado com lado de 2,0 vezes a maior dimensão em solo do helicóptero (base ou bitola) para heliportos públicos, e o mesmo com 1,5 em caso de heliportos privados.
- i. A operação de helicópteros, com ventos, em “cumieiras” de montanhas e, por analogia, em operações sobre prédios exigem muito cuidado, em face dos distúrbios aerológicos existentes.
- j. Como há muitos heliportos em cima de prédios, há que se tomar cuidado com tres aspectos:
 - a. respeito às superfícies de limitação de obstáculos, o que torna necessário fazer com a FATO não tenha nela nenhum tipo de construção sobre ela, como caixas d’água ou casas de máquinas;
 - b. aerológicos, relativos a turbulências que ocorrem no topo destes prédios, o que torna aconselhável (talvez nem sempre possível) fazer com que a plataforma do heliporto fique distante da laje superior da edificação; uma tal plataforma, por cara que seja, permite a colocação de edificações sobre a última laje, uma vez que ficará sobre as mesmas;
 - c. necessidade de haver uma grade de proteção contra quedas de pessoas, grade esta com 3 m da largura e que, ficando à volta da FATO, não ultrapasse as superfícies de decolagem/aproximação.
- k. Heliportos, principalmente os situados no solo, podem reproduzir os mesmos sub-sistemas encontrados em um aeroporto: acesso/egresso, estacionamento de carros, terminal de passageiros, pátio de estacionamento de helicópteros, caminhos de circulação (taxiways) e FATO (pista).

24. Terminais de passageiros

- Evolução ao longo do tempo, de uma construção simples perto da qual os aviões estacionavam e saíam por meios próprios, para uma edificação mais complexa, cujo conceito pode ser classificado em vários tipos (ver abaixo)
- Diferenciação entre posições de estacionamento:
 - **próximas**: onde o avião fica estacionado próximo ao terminal, e os passageiros usam pontes de embarque para embarcar e desembarcar;
 - **remotas**: onde os passageiros embarcando/desembarcando usam (normalmente) ônibus.
- Diferenciação entre maneiras de estacionar o avião
 - **power in/power out**: onde os aviões estacionam e saem por meios próprios (potência dos motores) → **ocupam mais espaço de pátio, mas não necessitam veículos especiais**
 - **power in/tow out**: onde os aviões estacionam por meios próprios (potência dos motores), mas, ao sair, são tracionados (*towed*) por tratores → **ocupam menos espaço de pátio, mas necessitam veículos especiais**
- **Tipos**:
 - **pier/finger**
 - **satélite**
 - **transporter**
 - **linear**
- relevância das **interfaces**
 - **terrestre**: meio fio ou calçada, onde os passageiros que vão embarcar em vôos desembarcam dos carros e onde os que desembarcaram dos vôos embarcam nos carros
 - **aérea**: interface do terminal com os aviões estacionados, que pode ser tanto a parte do terminal onde estão as pontes de embarque (no caso de terminais dos tipos **pier/finger, satélite e linear**), ou os veículos (ônibus) que transportam os passageiros entre o terminal e os aviões estacionados remotamente (no caso dos terminais do **tipo transporter**)
 - desenho esquemático dos terminais, indicando claramente as interfaces e a localização dos aviões estacionados
- Classificação dos terminais quanto ao tipo de processamento de passageiros

Nota: o processamento de passageiros compreende a aceitação (*check in*), controles de segurança e de passaportes (tanto no embarque como no desembarque), retirada das bagagens, controle aduaneiros (alfandegários)

- **centralizados (*pier/finger, satélite e transporter*):** a função de processamento é centralizada em um único local → passageiros deslocam-se em maiores distâncias (é conveniente ter-se esteiras transportadoras em terminais do tipo *pier/finger* e *satélite*), mas há economias de escala com a centralização do processamento
- **descentralizado (*linear*):** a função de processamento é descentralizada em vários locais, que podem ser vistos como sub-terminais → passageiros deslocam-se em distâncias menores, mas **não há** as economias de escala decorrentes da centralização do processamento.
-

25. Componentes de um terminal de passageiros

Apresentação dos elementos componentes de um terminal de passageiros e dos fatores que os caracterizam e dos que afetam o seu dimensionamento (ver **Aeroportos texto**)

26. Terminal de passageiros:

- a. transferência de pax+bag entre interface terrestre (intersecção entre transporte terrestre e o terminal) e a interface aérea (intersecção entre o terminal e o avião), ou entre interfaces aéreas para pax+bag em conexões
- b. funções básicas: transferências de passageiros, com aspectos distintos (características físicas e psicológicas)
- c. planejamento → mais conceituação e menos definições finais → levar em consideração necessidades **expandir** (demanda), **flexibilizar** (alterações de perfis) e **economizar** (reduzir custos)
- d. ver **Aeroporto texto 08Jun10.doc**

27. Dimensionamento geral de um aeroporto

- a partir de uma **projeção global de demanda**, medida em **passageiros por ano** que deverão usar um aeroporto, e da

- projeção do aproveitamento (utilização total do avião) e/ou do fator assento (referente a passageiros que embarcam/ desembarcam em um determinado aeroporto, mas não considerando os passageiros que continuam no mesmo voo, isto é, estão em trânsito), obtém-se a
- projeção da oferta global, medida em assentos por ano de todos os aviões que servirão aquele aeroporto; a partir desta oferta e da
- projeção de tamanho médio das aeronaves (TMAv) que se estima usar aquele aeroporto, obtém-se a
- quantidade de movimentos anuais de aeronaves (aterragens + decolagens); a partir destes valores e da
- projeção do fator-pico (percentual de movimentos na hora pico em relação ao dia médio do ano), obtém-se
- quantidade de movimentos na hora-pico, que, associada à
- projeção de TMAv na hora pico, permite obter-se a
- oferta na hora pico, medida em assentos na hora pico, que, combinada com
- as projeções de aproveitamento e/ou de fator assento na hora pico, permite chegar-se a
- quantidade de passageiros na hora pico.

Revisão do dimensionamento geral de aeroportos:

- **Projeções de passageiros por ano**
 - + projeções de aproveitamento
 - + projeções de tamanho médio de aeronave (medido em número de assentos)
- → **Projeções dos movimentos de aeronaves por ano**
 - + projeção do fator pico (número de movimentos na hora pico como proporção do número de movimentos no dia médio do ano = $\text{movs/ano} / 365$)
- → **Projeções dos movimentos de aeronaves na hora pico**
 - + projeção do tamanho médio de aeronave na hora pico
 - + projeção do aproveitamento na hora pico
- → **Projeções dos passageiros na hora pico**

28. Conceitos de redes de transporte aéreo (“networks”)

Há dois tipos básicos de redes (“networks”) de transporte aéreo: as de ligações diretas **ponto-a-ponto**, e as do tipo “**hub & spoke**”,

- **ponto-a-ponto (voos diretos)**
- **hub & spoke (centralizado)**

- considerando certas características de vôos, de frota e de ocupação de vôos (**quais são estas características?**) pode-se comparar essas redes de transporte em termos de:
 - **serviços**: diretos versus vôos com escalas e/ou com transbordos (“baldeações”, ou troca de aviões)
 - **tarifas**: menores em face de economias de escala pelo uso de aviões maiores, ou maiores em face de vôos diretos
 - **as características estão associadas a que tipo de rede de transporte?**
 - **como cada tipo de rede de transporte impacta o tipo de terminal de passageiro**
 - **desenho esquemático indicando os dois tipo de redes de transporte, identificando aeroportos, vôos/ligações**
 - **indicar as características (numéricas) que permitem tais comparações**

29. Medidas em transporte aéreo

a. Oferta demanda e aproveitamento

A oferta representa o que é oferecido para transporte. Em um carro, são cerca de quatro assentos, em um ônibus são cerca de 40 assentos sentados ou cerca de 80 no total, um volume de 10 m³ ou uma disponibilidade de 25 ton em um caminhão, etc.

A demanda representa o que foi (ou está sendo) transportado: 20 passageiros, 5 m³ ou 12 ton de carga, etc.

No transporte de passageiros, esta duas medidas de oferta e de demanda – assentos oferecidos e passageiros transportados, respectivamente – representam, de certa forma, medidas incompletas uma vez que não contemplam a distância em que o transporte foi oferecido ou executado.

Assim, se quisermos comparar o transporte levando em consideração as distâncias envolvidas, necessitamos de medidas que incluam estas distâncias. Neste caso, a oferta e a demanda medem-se, por exemplo,

em assentos*quilômetro e em passageiros*quilômetro, ou ton*km oferecidas ou transportadas.

As diferenças entre estes dois tipos de medida – contemplando ou não as distâncias envolvidas – ficam mais claras quando considera o transporte em etapas diferentes. Assim, por exemplo, con

Em qualquer tipo de transporte, movimentam-se pessoas ou bens. Obviamente importam a origem e o destino, e, conseqüentemente, a distância envolvida. Mas a distância não é, certamente, o único parâmetro relevante quando se analisa um transporte. Se assim fosse, ao decidirmos ir, em viagem de férias, de São Paulo para Fortaleza, poderemos ir de carro, ônibus, avião, ou mesmo de navio. Além do nível de conforto, um dos fatores que certamente levaremos em conta ao decidir qual modo de transporte usar é o tempo de viagem, que não deixa de ser um indicativo de conforto.

Do ponto de vista de quem provê o transporte, interessa certamente saber a quantidade de passageiros (ou bens) a serem transportados, o que caracteriza a demanda. Em função dela normalmente dimensiona-se a oferta, ou seja, a capacidade de transporte a ser oferecida. Como o aproveitamento do modo de transporte ou do veículo é representado pela relação demanda/oferta, quanto mais próximo a oferta estiver da demanda, melhor será o aproveitamento; ou seja, melhor estará sendo utilizado aquele modo ou veículo de transporte.

As medidas de tempo e de distância são bastante óbvias, mas devemos considerar com mais vagar como se medem a oferta e a demanda de um determinado modo ou veículo de transporte.

Em termos imediatos, se formos considerar um ônibus urbano, a demanda mede-se pelo número de passageiros que são transportados, e a oferta, pela quantidade de assentos existentes no veículo. Se o ônibus for interurbano, certamente haverá bagagens e cargas a serem transportadas, que certamente farão parte de demanda. O mesmo vale para um avião, e, neste caso, a medida de demanda - e de oferta - já começa a tornar-se um pouco menos imediata, sendo necessário escolher-se algo que permita a medição conjunta de passageiros, de bagagens e de cargas. Em transporte aéreo, a medida normalmente usada é o peso. No entanto, é usual medirmos oferta e demanda em termos de assentos e de passageiros, respectivamente.

Quando tomamos, por exemplo, um avião com 40 lugares como o Fokker F-27, e comparamo-lo a um ônibus interurbano 40 lugares, notamos que a oferta dos dois veículos, a mesma. Se os fizermos mover-se durante, por exemplo, uma hora, a oferta continua sendo a mesma, mas podemos supor que deve haver algo de distinto entre estes dois veículos,

que distingua também suas ofertas. De fato, um ônibus, ao rodar durante uma hora, atinge uma distância de 75 km, ao passo que o avião voa uma distância de cerca de 300 km. E a maneira que temos de associar a oferta à distância, tê-la medida em assentos-quilômetro (AKM). No exemplo, apesar da oferta ser de 40 lugares nos dois casos, a do ônibus foi de 3.000 AKM, e, a do avião, de 12.000 AKM.

De maneira análoga, a demanda pode ser medida em passageiros, mas também em passageiros-quilômetro (PKM). E neste caso, o aproveitamento será o resultado da relação entre ambos, um medido em PKM (demanda) e o outro, em AKM (oferta).

Um exemplo pode bem ilustrar a diferença entre o uso das diferentes medidas de oferta e demanda. Um Boeing 737-300 com 132 assentos faz o voo São Paulo-Rio de Janeiro-Manaus. Vamos supor que haja 66 passageiros na primeira etapa, de 310 km, e 105 na segunda etapa, de 2.820 km. Medido em termos de passageiros e de assentos, houve um aproveitamento de 50% na primeira etapa, e de 80% na segunda, o que resulta em um aproveitamento médio de 65%. Mas se levarmos em conta as distâncias envolvidas, fundamentais em transporte, estaremos trabalhando com PKM e AKM, e os aproveitamentos são 50 % na primeira etapa e 80 % na segunda, e o aproveitamento do voo como um todo, 77 %.

b. Custos e receitas

Ao tratarmos de transportes, sempre devemos ter em mente a parte econômico-financeira. Assim, estaremos trabalhando com mais dois conceitos, que são o custo e a receita.

A receita pode estar associada ao custo de uma viagem como um todo (ao custo para se deslocar um veículo de uma origem a um destino), ao preço de uma passagem (ao preço cobrado por um assento), ou ao preço de um frete (preço cobrado pelo transporte de uma carga). De forma análoga à anterior, a receita pode estar também associada à unidade de distância, e, assim, poder ser indicada em unidades de moeda (R\$/BRL, US\$/USD), ou, no caso de receita de um passageiro, em unidades de moeda por distância (Cr\$/PKM), também chamada de "**yield**".

Por outro lado, o custo pode referir-se ao custo de uma viagem com um todo, ao de um assento ou de uma tonelada de carga. Poderá ser indicado em unidades de moeda (Cr\$/BRL ou US\$/USD), ou, em unidades de moeda por distância (por exemplo, Cr\$/AKM ou BRL/AKM),

que é chamado de **custo unitário**. É bastante óbvio que se associe a receita à unidade de demanda (BRL/PKM), e o custo à unidade de oferta (BRL/AKM), uma vez que a demanda gera receita, e que a oferta gera custo.

A relação entre o custo unitário e o yield unitário representa o **coeficiente de aproveitamento de equilíbrio**, isto é, o aproveitamento acima do qual aquele vôo gera lucro, e abaixo do qual haverá prejuízo (faça a relação de unidade e comprove que esta relação representa um aproveitamento).

c. Produtividade