

**EAD/ESB**

UNIDADE III

# Dimensionamento do Lado ar

M<sup>a</sup>. Evelyn Cristine Moreira Soares  
Me. Guilherme Perosso Alves

## Aula 01

---

# Localização e Dimensionamento de Pista

---

---

## Introdução

De todas as obras da engenharia civil, nenhuma é dotada de tanta complexidade quanto a de um aeroporto. Não se pode procurar por um modelo pronto e acabado para um complexo aeroportuário, este deve considerar todas as particularidades e possibilidades de onde for inserido.

A primeira etapa e, talvez, uma das mais desgastantes, é a escolha do local mais apropriado para receber a infraestrutura de um aeroporto. Encontrar um terreno adequado a se configurar em um aeroporto, cujas instalações demandam grande circulação de usuários e equipamentos, segundo os recursos necessários para sua construção, não é uma tarefa simples.

As finalidades do aeroporto, a sua proximidade e relação com o meio urbano que o cerca, assim como as considerações de capacidade das pistas, são alguns dos aspectos que devem ser considerados na escolha da localização de um complexo aeroportuário.

Dentro deste tema, vamos conhecer os conceitos essenciais a serem atendidos em análise de projetos de aeroportos no que diz respeito a escolha do sítio aeroportuário.

Ao final desta aula, você será capaz de:

- conhecer os componentes dos terminais e suas funções;
- avaliar e dimensionar componentes aeroportuários dos terminais.

---

## Escolha do Sítio

Uma das etapas mais importantes em projetos de aeroportos é a escolha da localização onde será implantado o aeródromo. O sítio ideal, na prática, dificilmente é encontrado e a tarefa consiste em se selecionar, dentro das opções existentes, aquela que gere menor inconveniente para o aeroporto e a comunidade próxima a ele.

Em qualquer caso, conhecer a finalidade para qual o aeroporto será implantado é capital para que se definam, a princípio, os critérios para a seleção do melhor lugar.

Silva (2001) apresenta nove critérios que devem direcionar a localização dos sítios aeroportuários, objetivando suprir às exigências e necessidades para a plena operacionalidade dos complexos aeroportuários. Esses critérios são apresentados de forma resumida a seguir:

- **Área:** Um sítio aeroportuário deve ter dimensões suficientes para abrigar as instalações necessárias em todas as etapas do seu planejamento. Pode, ainda, possuir áreas complementares, de fácil desapropriação, para ampliação, quando a demanda de serviço assim exigir. Recomenda-se que a Área I do Plano de Zoneamento de Ruído esteja incluída na área patrimonial do aeroporto.

Área I é definida pela Portaria 1.141/GM5 de 1987, como a Área do Plano de Zoneamento de Ruído, onde o nível de incômodo sonoro é potencialmente nocivo aos transeuntes,

podendo, inclusive, gerar problemas fisiológicos em função da exposição continuada.

- **Relacionamento Urbano:** As restrições de uso e ocupação do solo impostas pelo Plano de Zoneamento de Ruído devem ser respeitadas, evitando-se a proximidade com atividades sensíveis ao ruído. Logo, recomenda-se que o local escolhido para o aeroporto fique afastado das zonas urbanizadas e oposto aos vetores de expansão urbana. Recomenda-se, ainda, que a orientação das pistas deve evitar a indução de sobrevoos de áreas urbanizadas.
- **Acessos:** O sítio aeroportuário deverá posicionar-se de forma favorável aos principais polos geradores de tráfego. As distâncias a serem percorridas e a oferta de transporte coletivo devem ser observadas. Recomenda-se que o local do aeroporto não esteja localizado a mais que 30 km de regiões metropolitanas. Por motivos econômicos, é ainda preferível que já exista uma via de acesso nas proximidades do sítio.
- **Infraestrutura:** A disponibilidade ou facilidade para abastecimento de água, de energia e telecomunicações e de instalações para rede de esgoto nas proximidades do sítio também devem ser consideradas.
- **Topografia:** A área do sítio aeroportuário deve ser livre de obstáculos que sejam capazes de oferecer risco ao desenvolvimento de pousos e decolagens. Pontua-se que um terreno plano diminui os recursos necessários com movimentação de solo (corte, aterro e terraplenagem).
- **Geologia e Hidrologia:** As características de permeabilidade e resistência do solo reduzem os recursos necessários à implantação da infraestrutura aeroportuária e também devem ser considerados.
- **Meteorologia:** Os eventos meteorológicos também condicionam as operações aéreas. As principais características meteorológicas a serem observadas são a intensidade e a direção do vento de vento predominante, formação de nevoeiro, altitude e temperatura.
- **Meio Ambiente:** Áreas com restrições de uso e ocupação decorrentes da legislação ambiental devem ser evitadas. Deve-se observar, em particular, as restrições das Áreas de Segurança Aeroportuária, que estabelecem quais distâncias devem ser obedecidas em relação ao aeródromo para implantação de determinadas atividades que atraiam pássaros.
- **Viabilidade Econômica:** Entre os aspectos a serem analisados estão: custos de desapropriação, movimentação de solo, reassentamento urbano, execução de vias de acesso e das instalações para infraestrutura básica.



## SAIBA MAIS

No processo de seleção dos locais apropriados para implantação de complexos aeroportuários, um dos requisitos básicos é o conhecimento da área necessária ao empreendimento.

Normalmente, a pista se configura na maior das dimensões do aeroporto e, portanto, duas características e orientações precisam ser definidas. A direção de pista depende, dentre outros, dos aspectos topográficos do terreno, da presença ou ausência de obstáculos do entorno e da direção dos ventos predominantes.

A ANAC, por meio da norma RBAC 154/2018 recomenda que o número e a orientação das pistas dos aeroportos sejam tal que o coeficiente de utilização do espaço não seja inferior a 95% para as aeronaves que serão recebidas pelo aeródromo.

De acordo com essa norma (RBAC 154/2018), em circunstâncias típicas de utilização, as operações de pouso e decolagem não serão executadas se o valor da componente transversal do vento for superior a:

- 37 km/h para aviões cujo comprimento de pista for maior ou igual a 1.500 m;
- 24 km/h para aviões com comprimento entre 1.200 e 1.500 m;
- 19 km/h para aviões com comprimento menor a 1.200 m.

Alves (1987) também apresenta alguns critérios gerais, critérios nacionais e outros fatores a serem analisados pelo planejamento e implantação de um aeroporto no que se refere à escolha do sítio. Dentre os critérios gerais, a escolha do sítio deverá atender às seguintes condições:

- Localizar-se próximo aos centros de demanda;
- Possuir vizinhança não povoada, mas com possibilidade de ocupação;

- Ter disponibilidade de serviços públicos;
- Possuir condições meteorológicas compatíveis às atividades a serem desenvolvidas;
- Ter área plana, de baixa altitude e temperatura mediana;
- Possuir solo em condições apropriadas para captação e drenagem pluvial;
- Possuir espaço aéreo desobstruído;
  
- Permitir futuras expansões;
- Apresentar facilidade para obtenção de materiais de construção.

Os fatores relativos à proximidade e ao relacionamento do sítio aeroportuário com o meio urbano são as considerações de maior relevância, por serem os pontos de maior dificuldade na implantação de um aeroporto. Assim, Alves (1987) afirma que o complexo aeroportuário deve harmonizar-se com a comunidade a que está servindo, estando próximo o suficiente para prestar o serviço de forma acessível e longe o bastante para evitar inconvenientes e perturbações.

Outro aspecto importante a ser avaliado é a consideração da capacidade final das pistas em atender a demanda prevista nos horários de pico em longo prazo.

Na Tabela 1 é apresentada uma lista dos fatores considerados por alguns autores de forma resumida.

	ICAO (2016)	Kazda e Caves (2009)	Horonjeff (2010)
<b>Condições Operacionais</b>	condições meteorológicas	fator de uso e ocupação	condições meteorológicas
	obstáculos	obstáculos	obstáculos nas vizinhanças
	espaço aéreo	atendimento à capacidade	proximidade de outros aeroportos
	segurança operacional	sítio que possibilite localização ótima das facilidades aeroportuárias	-
	áreas para proteção dos auxílios de aproximação		-
	<b>Condições Sociais</b>	proximidade dos centros de demanda	acesso e entorno planejados de forma eficiente e sustentável
facilidade de acesso		-	acessibilidade
ruído		-	ocupação das áreas vizinhas
uso do solo no entorno		-	-
<b>Condições Econômicas</b>	topografia	economia de construção	-
	tipo de solo e materiais de construção	disponibilidade de serviços de utilidade pública	-

	infraestrutura	-	-
	valor da terra	-	-

Tabela 1 - Correlação entre os fatores de análise do sítio pesquisados.

Fonte: Adaptado de ICAO (2016); Kazda e Caves (2009); Horonjeff (2010).

Ressalta-se que a definição desses fatores ou critérios é apenas uma parte da avaliação para escolha do sítio aeroportuário. Cada um desses fatores deverá ser analisado em relevância e intensidade e os pesos atribuídos para estes fatores de avaliação serão influenciados de acordo com a finalidade do aeroporto (Alves, 1987).

A primeira etapa a se cumprir é a definição da finalidade do complexo aeroportuário: se ele será um aeroporto destinado a uma região metropolitana ou para cidades de pequeno ou médio porte (ALVES, 1987).

O Manual de Planejamento de Aeroportos da ICAO (2016) concorda com esse pensamento, de que o ponto de partida da implantação de um aeroporto deve ser a determinação da vocação do sítio aeroportuário. Para isso, devem ser realizadas previsões de volume e tipo de tráfego.

As metodologias, de acordo com Alves (2018), são genericamente compostas por quatro fases:

1. Levantamento dos sítios em potencial (por indicação);
2. Primeira triagem por inspeção visual;
3. Segunda triagem via comparações sob critérios gerais;
4. Hierarquização por análise de custo-benefício.

Alves (1987) elenca duas metodologias que podem ser aplicadas para análise dos critérios de escolha do sítio: análises de custo-benefício, normalmente processos mais lentos e caros por envolverem análises probabilísticas; e a utilização de índices de ponderação para pontuação dos critérios que podem ser mais ou menos subjetivos. No Quadro 1 são mostrados exemplos desses índices.

Fatores Considerados	Índice (RJ)	Índice (AM)
Facilidades operacionais	-	-
Boas aproximações; horizonte livre	25%	10%
Boas condições meteorológicas	15%	5%
Características técnicas e econômicas	-	-
Economia de construção	10%	25%
Proximidade de materiais	10%	15%
Serviços públicos	7%	5%
Facilidade de ampliação	8%	15%
Distância – tempo	-	-
Distância ao centro gerador	18%	10%
Acessibilidade	7%	15 %

Quadro 1 - Índices de ponderação atribuídos aos critérios de seleção de sítios aeroportuários.

Fonte: Adaptado de Alves (1987).

Os critérios considerados e seus respectivos índices representam aqueles que são considerados para a escolha de sítios aeroportuários pelo Comando da Aeronáutica, no Brasil. Na primeira coluna da Tabela 2 os valores considerados representam aqueles utilizados para a escolha do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro e, na segunda, para os sítios da região amazônica.

Os critérios considerados e seus respectivos índices representam aqueles que são considerados para a escolha de sítios aeroportuários pelo Comando da Aeronáutica, no Brasil. Na primeira coluna da Tabela 2, os valores considerados representam aqueles utilizados para a escolha do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro e, na segunda, para os sítios da região amazônica.

Nota-se que quando se tratam de grandes quantidades de recursos necessários à implantação de qualquer empreendimento, como de um aeroporto, os procedimentos mais indicados são aqueles pautados em modelos matemáticos.



## SAIBA MAIS

Um dos critérios que pode ser considerado na ponderação são os recursos necessários para o empreendimento. Como ideia geral, que pode variar, os seguintes percentuais de custo total são observados:

- plataforma da área de movimento (pistas e pátios) - 30%
- edificações - 30%
- acessos e estacionamentos - 13%
- contratos de estudos e projetos - 7%

Estes índices estão baseados nos custos de implantação referentes ao Aeroporto de Mirabel em Montreal no Canadá.

Com relação a documentação preliminar necessária, segundo Alves (2018), alguns documentos devem ser consultados, sendo estes:

- cartas perfil topográfico (relevo);
- cartas geológicas (estimativa de perfil do solo e custo para movimentação de solo);
- planos de urbanização existentes;
- cadastro de imóveis para avaliação de eventuais desapropriações;
- relatórios sobre as condições meteorológicas regionais.

---

## Configuração e Comprimento da Pista

As características abordadas em um projeto de aeroporto devem obedecer às recomendações técnicas da ANAC por meio da regulamentação normativa RBAC nº 154 – Projetos de Aeródromos, cujo objetivo é normatizar as diversas características inerentes ao aeroporto.

O RBAC nº 154, no entanto, tem como subsídios os manuais da ICAO: *Aerodrome Design Manual*, partes 1 e 2 que, por sua vez, foram elaborados a partir do documento *Airport Design, Advisory Circular AC 150* pela FAA.

As características construtivas de uma pista aeroportuária (comprimento, largura, espessura e material) devem ser determinadas a partir de um pressuposto inicial: A aeronave tipo que estará em operação naquele aeródromo.

Isto implica dizer que as estruturas serão mais ou menos robustas e extensas considerando-se pesos máximos de decolagem e de aterrissagem para aquele modelo de aeronave.

O ideal é que se estime qual será a aeronave crítica no aeroporto para que o projeto esteja em conformidade de capacidade desejada em longo prazo.

De acordo com Goldner (2012), o comprimento de pista a ser construída deve levar o projetista a inserir os seguintes dados em ábacos fornecidos pelos fabricantes de aeronaves:

- temperatura de referência do local;
- altitude geométrica;
- declividade média da pista;
- peso bruto do avião e vento.

O RBAC recomenda, ainda, que um estudo de ventos predominantes na região do sítio aeroportuário deve ser realizado a fim de orientar a pista a favor do sentido de maior recorrência de vento. O vento lateral, também denominado vento de través, deve ser evitado nas movimentações de aeronaves pois podem causar instabilidade.

As pistas de pouso e decolagem são compostas por uma pista principal e outra secundária. Por pista principal entende-se que é a pista de pouso e decolagem em sentido estrito. As

Por pista principal, entende-se que é a pista de pouso e decolagem em sentido estrito. As pistas secundárias possuem comprimento semelhante ao da principal, no entanto, são somente utilizadas de modo a se obter o mínimo 95% de fator de utilização.

Nas condições a serem consideradas em uma pista, constam a largura e elevação, inclinação da pista, as distâncias a serem calculadas e as características da superfície da pista.

### Quanto à largura:

A largura mínima de uma pista aeroportuária será definida de acordo com as características da aeronave que atuará sobre o pavimento. A ANAC, por meio do RBAC 154, especifica as larguras mínimas das pistas, assim como seus acostamentos, como verificado no Quadro 2.

Para as pistas com códigos D, E e F, por exemplo, a execução de acostamento nas duas extremidades da pista é obrigatória. Sendo que nas pistas de D e E implantam-se acostamentos quando a largura da pista for menor que 60 m.

Número do código	Letra do código					
	A	B	C	D	E	F
1ª	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2ª	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3ª	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4ª	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

Quadro 2 - Largura de pista de pouso e decolagem associada ao código de referência (Alterada pela Resolução nº 445, de 24.08.2017)

Fonte: RBAC 154 (2017).

As combinações de números e letras de código, para as quais as larguras mínimas das pistas são especificadas, foram desenvolvidas para características típicas de aeronaves.

Ainda segundo o RBAC 154, a largura de uma pista de aproximação de precisão não deve ser inferior a 30 m quando o número de código for 1 ou 2.



## SAIBA MAIS

Para promover uma drenagem da água com maior eficiência, a superfície das pistas devem, quando possível, ser inclinadas em direção às bordas (sendo o ponto mais alto localizado no eixo longitudinal da pista), salvo quando um único declive transversal, na direção do vento mais frequentemente associado com a chuva, garantir uma drenagem rápida (RBAC 154, 2017).

A declividade transversal de uma pista deve ser preferencialmente:

- 1,5% para os códigos C, D, E e F;
- 2% para os códigos A ou B.

## Área de Giro de Pista de Pouso e Decolagem.

Uma área de giro para pista de pouso e decolagem deve ser provida nas cabeceiras que não são servidas por uma pista de táxi, ou não dispõem de uma área de giro de pista de táxi, quando a letra do código for D, E ou F, para facilitar uma curva de 180° e alinhamento das aeronaves na cabeceira, como visto na Figura 1 (RBAC 154, 2017).

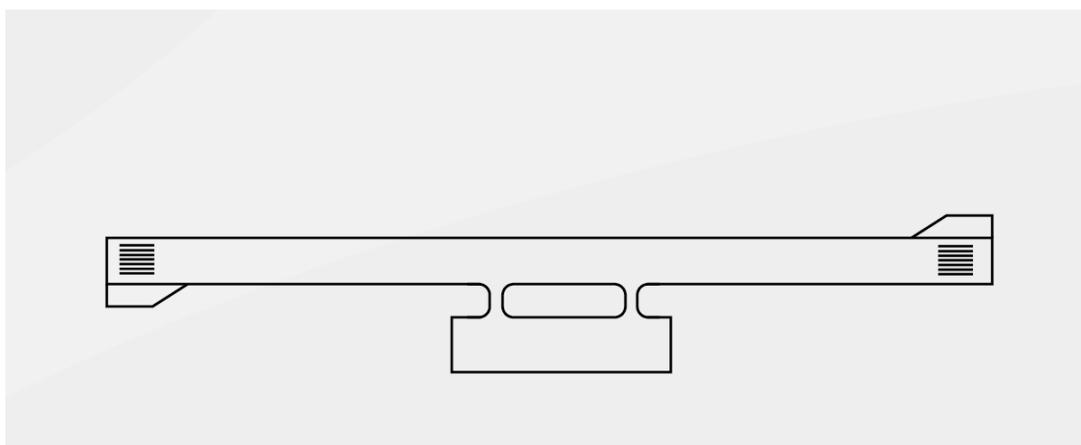


Figura 1 - Disposição típica de uma área de giro de pista de pouso e decolagem  
 Fonte: RBAC 154 (2017).

As áreas de giro de pista podem, também, ser úteis se disponibilizadas ao longo da pista de pouso e decolagem, a fim de diminuir o tempo e a distância de táxi para aeronaves que não demandam o comprimento total da pista de pouso (RBAC 154, 2017).

A área de giro de pista de pouso pode estar localizada em qualquer um dos lados da pista. Porém, o início da curva da aeronave seria facilitado ao se posicionar a área de giro no lado esquerdo da pista de pouso, uma vez que, normalmente, o piloto ocupa a cadeira da esquerda (RBAC 154, 2017).

## SAIBA MAIS



O ângulo de intercessão da área de giro com a pista de pouso não deve exceder 30° (RBAC 154, 2017).

O ângulo de guiagem da roda do nariz da aeronave a ser usado no projeto da área de giro na pista de pouso e decolagem não deve exceder 45° (RBAC 154, 2017).

No Quadro 3 são verificados os afastamentos mínimos entre rodas do trem de pouso e bordas da área de giro associados aos códigos de referência de acordo com o RBAC 154 da ANAC.

Letra do Código	Afastamento
A	1,5 m
B	2,25 m
C	3 m, se a área de giro é destinada a aeronaves com base de rodas inferior a 18 m, ou 4,5 m, se a área de giro é destinada a aeronaves com base de rodas igual ou superior a 18 m
D	4,5 m
E	4,5 m

L	4,5 m
F	4,5 m

Quadro 3 - Afastamentos mínimos entre rodas do trem de pouso e bordas da área de giro associados aos códigos de referência

Fonte: RBAC 154 (2017).

### Uniformidade da Superfície de Pista de Pouso e Decolagem

Quanto a relação entre uniformidade e irregularidade que podem incidir no pavimento, o RBAC 154 considera certas tolerâncias que são consideradas em sua avaliação em uso. Ao adotar tolerâncias para as irregularidades da superfície da pista de pouso e decolagem, o seguinte padrão de construção deve ser atendido para curtas distâncias (RBAC 154, 2017). Ver Quadro 4.

Irregularidade da superfície da pista de pouso e decolagem	Comprimento mínimo aceitável da irregularidade (m)								
	3	6	9	12	15	20	30	45	60
Altura (ou profundidade) da irregularidade da superfície da pista de pouso e decolagem temporariamente aceitável (cm)	3	3,5	4	5	5,5	6	6,5	8	10
Altura (ou profundidade) excessiva da irregularidade da superfície da pista de pouso e decolagem (cm)	3,5	5,5	6,5	7,5	8	9	11	13	15

Tabela 1 - Nome da tabela

Fonte: fonte aqui.

## Fechamento

Os aeroportos se constituem em estruturas fundamentais para a comunicação no contexto local e global. Além dos diversos elementos de comunicação, é a estrutura aeroportuária que viabiliza não somente o transporte de informação, mas, também, de produtos e pessoas, de maneira rápida e eficiente.

Nesse sentido, é necessário ressaltar a importância das características das pistas de decolagem e pouso, que influenciam significativamente as atividades das aeronaves.

Todas essas características estão inseridas na regulamentação normativa RBAC nº 154 – Projetos de Aeródromos, cujo objetivo é normatizar as diversas características inerentes ao aeroporto. Assim, a adoção deste documento e de suas recomendações são primordiais no que se refere ao planejamento do complexo aeroportuário.

Nesta aula, você teve a oportunidade de:

- Conhecer as atividades desenvolvidas em um aeroporto;
- Proceder a escolha do sítio aeroportuário;
- Adquirir noções dos aspectos básicos associados ao dimensionamento de pistas.

## VÍDEO

ESTE CONTEÚDO DEVERÁ SER VISUALIZADO NO MATERIAL ONLINE.



## Aula 02

---

# Dimensionamento de Terminais

---

## Introdução

Um aeroporto abrange uma ampla gama de atividades que possuem finalidades diferentes e, muitas vezes, conflitantes. Ainda assim, seus requisitos são interdependentes, uma vez que uma única atividade pode limitar a capacidade do complexo inteiro.

A multiplicidade de componentes que incorporam um aeroporto pode ser dividida em duas grandes partes: o lado terra, composto pelos acessos viários, estacionamento de veículos, pontes de embarque e desembarque e o lado ar, com as pistas de pouso, pistas de táxi e sistemas de controle de tráfego aéreo.

O terminal de passageiros é entendido como a interface entre esses lados, pois se configura no ponto de interação entre o aeroporto e o passageiro.

O terminal de passageiros é a edificação onde se efetua os vários processos associados à acomodação e a transferência de passageiros (ALVES, 2018). E a sua classificação, posição, dimensionamento e relação com as outras partes do aeroporto podem ser mensuradas sobre várias metodologias. A escolha do modelo mais adequado pressupõe o conhecimento da demanda desses terminais e dos elementos que o compõem.

## Estruturas de um Aeroporto

As estruturas de um aeroporto são basicamente divididas em duas grandes partes: Lado terra e Lado Ar (ou lado terrestre e lado aéreo, respectivamente).

Horonjeff *et al.* (2010) sugerem que os portões de embarque dos terminais representam o limite entre essas partes. Goldner (2012), por sua vez, retrata o terminal de passageiros (TPS) como a zona de transição entre o lado ar e o lado terra.

Na Figura 1, é possível visualizar a estrutura esquemática do lado ar e o lado terra de um aeroporto.

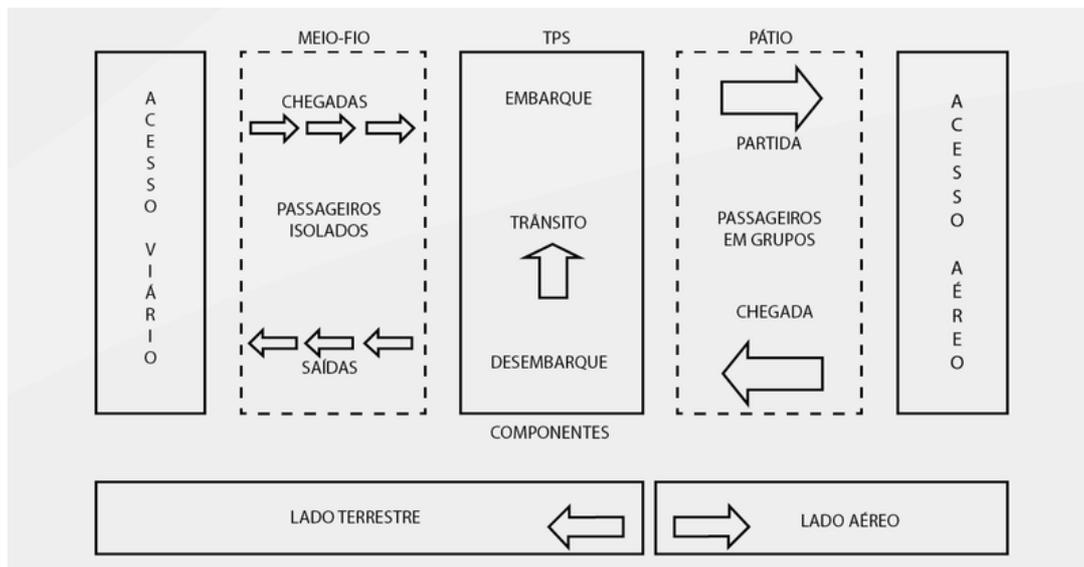


Figura 1- Estrutura esquemática de um aeroporto

Fonte: Goldner (2012).

## Terminal de Passageiros

O terminal de passageiros consiste numa edificação onde se efetua uma série de processos associados à transferência intermodal de passageiros. Abriga prestadores de serviços de diferentes interesses que propiciam as condições de funcionalidade, conforto e segurança desejadas pelos clientes do transporte aéreo (ALVES, 2018).

Existem muitos métodos para se dimensionar um terminal aeroportuário. A escolha do modelo mais adequado pressupõe o conhecimento da demanda desses terminais e dos elementos que o compõem.

## **Classificação dos Terminais Aeroportuários**

A classificação de um TPS pode estar relacionada à disposição física de facilidades do terminal ou, ainda, em função do tipo de operação do aeroporto.

Quando à disposição física de facilidades. Em que os formatos da planta do terminal são considerados. Entre esses formatos, os mais conhecidos, são:

### **O TERMINAL LINEAR:**

Esta configuração de terminal tende a ter operação descentralizada, em que o fluxo de embarque ou desembarque tem percursos curtos. Do meio-fio ao pátio ou do pátio ao meio-fio. (Figura 2a) O layout do terminal tipo linear deve considerar a possível expansão do mesmo para outras configurações. Em situações de grande movimento, os terminais lineares acabam se tornando descentralizados, ou seja, passam a contar com diversos módulos distintos para embarque e desembarque. São terminais inadequados para conexões e voos internacionais. Ideal quando o nível de operação é reduzido. Exemplos: Rio de Janeiro/ Galeão e São Paulo/ Congonhas.

### **O TERMINAL PÍER:**

O terminal tipo píer (Figura 2b) se configura em uma edificação centralizada e é, geralmente, utilizado em aeroportos que precisam dispor de uma fronteira aeronave, isto é, de edificação mais extensa.

Aeronaves são geralmente organizadas em torno do eixo do píer em um alinhamento em posição nose-in. Cada píer tem uma fileira de portões com posições para aeronaves em ambos os lados, com um corredor de passageiros ao longo do eixo que serve como sala de embarque e espaço de circulação tanto para o embarque como para o desembarque.

Nos conectores estão localizadas as facilidades (lanchonetes, livrarias, lojas, etc.) além das salas de pré-embarque e, nas suas raízes, atividades de filtragem como a vistoria anti-sequestro e a vistoria de passaportes (ALVES, 2018).

Esse tipo de edificação geralmente permite a expansão do píer para fornecer posições adicionais ao estacionamento de aeronaves sem a necessidade de expansão da instalação central.

A principal vantagem desse terminal é sua capacidade de expandir-se conforme a demanda de aeronaves ou de passageiros.

Sua principal desvantagem é o distanciamento relativamente longo até os portões das aeronaves.

Em aeroportos de grande porte são utilizados tapetes rolantes para minimizar a distância percorrida pelos passageiros (ALVES, 2018).

Exemplos: São Paulo/ Guarulhos, Salvador, Paris/ Orly e Frankfurt.

### **TERMINAL TIPO SATÉLITE:**

O terminal tipo satélite (Figura 2c) consiste em um edifício, cercado por aeronaves, que é isolado do edifício principal do aeroporto. As aeronaves, normalmente, estão estacionadas ao redor do satélite.

Como o planejamento e o desembarque da aeronave são realizados a partir de uma área comum e, muitas vezes, remota, sistemas mecânicos podem ser empregados para transportar passageiros e bagagens entre o terminal e o satélite.

A principal vantagem do terminal tipo satélite é a sua capacidade de adaptação às funções comuns de sala de embarque e check-in e na facilidade de manobrabilidade da aeronave em torno da estrutura do satélite. No entanto, o custo de construção é relativamente alto, devido à necessidade de fornecer instalações conectadas ao satélite. Falta flexibilidade para expansão e as distâncias de caminhada dos passageiros são, relativamente, longas (ALVES, 2018).

Exemplos: Brasília e Paris/ CDG Aerogare 1.

## TRANSPORTER:

Baseia-se no estacionamento das aeronaves em locais distantes do edifício terminal e o acesso dos passageiros às aeronaves se dá por meio de ônibus ou salas de embarque móveis (ALVES, 2018).

Como vantagem, destaca-se a possibilidade do transporter (Figura 2d) em "moldar-se" à demanda além de reduzir o movimento de aeronaves no pátio.

Como desvantagem, está o fato de que este tipo de terminal eleva o tempo dos processos de embarque e desembarque de passageiros e pode gerar congestionamento de veículos no pátio (ALVES, 2018).

Exemplos conceito-puro: Washington/ Dulles e Montreal/ Mirabel.

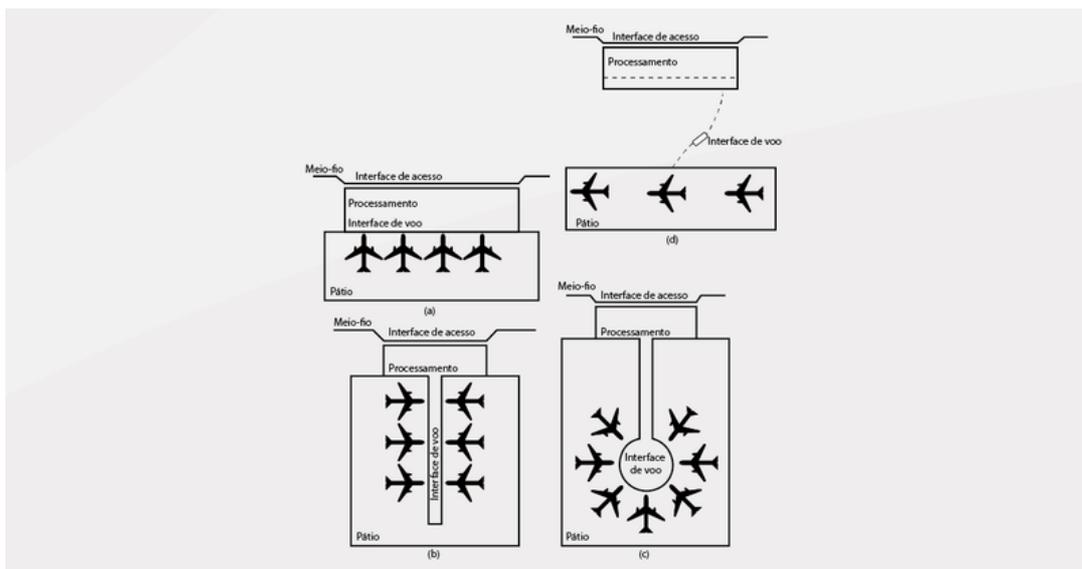


Figura 2 - Configuração dos terminais quanto à disposição física

Fonte: Horonjeff (2010).

No que se refere ao tipo de operação, os TPS poderão ter suas operações centralizadas ou descentralizadas. Terminais centralizados são aqueles em que o processamento de passageiros e de bagagens acontece em um único edifício, enquanto os processamentos de passageiros e de bagagens são efetivados em vários edifícios ou em diversos módulos de um mesmo edifício nos terminais com operações descentralizadas (ALVES, 2018).

## Capacidade e Dimensionamento de Terminais.

O objetivo de avaliar a capacidade de um terminal aeroportuário é de verificar se os recursos atuais comportam a demanda existente ou se eles atenderão às demandas futuras, enquanto isso, o dimensionamento versa sobre a quantificação dos recursos necessários em função de previsão de demanda.

De acordo com Alves (2018), “por identificação da demanda entende-se o processo de situar a demanda por facilidades do TPS quanto ao volume/fluxo, à distribuição temporal e ao tipo de voo em questão (trânsito - conexão, origem e destino, voos internacionais e domésticos, etc.). Esta demanda é fundamental para se determinar a necessidade de instalações. 4.2. Interligações entre os componentes Esta interligação define as sequências possíveis para o embarque, para o desembarque e para o trânsito de passageiros (e respectivas bagagens) domésticos e internacionais.”

Medeiros (2004) propôs um método de dimensionamento para um Terminal de passageiros e seus componentes, desenvolvido com a finalidade de criar índices calibrados para o contexto nacional. Estes índices são fundamentados por métodos empíricos, aspectos ergonômicos e estudos realizados pela MBA Empresarial (1991) para alguns aeroportos brasileiros.



## SAIBA MAIS

São diversos os modelos de dimensionamento de terminais de passageiros presentes na literatura, alguns são analíticos e outros empíricos. A seguir, uma lista com alguns desses métodos.

MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO NA LITERATURA	
Tipos de métodos	Métodos
Métodos analíticos	● IATA
	● INFRAERO
	● Martel & Seneviratne
	● Zaniewski
Métodos empíricos	● Alves
	● Braaksma
	● CECIA
	● FAA
	● ICAA
	● STBA
	● TRB
	● Widmer & Silva
● Medeiros	

Quadro 1 - Métodos para dimensionamento de terminais de passageiros

Fonte: Medeiros (2004).

O pior cenário, isto é, a demanda projetada para a hora-pico do aeroporto determina o dimensionamento de cada componente do TPS, tanto para aeroportos novos quanto na ampliação dos terminais mais antigos. Baseado nessa demanda e no nível de serviço pretendido para o TPS, a área de cada constituinte é estimada com base nos índices obtidos por Medeiros (2004).



## SAIBA MAIS

Componentes operacionais e não operacionais de um terminal aeroportuário de acordo com Alves (2018):

	Embarque	Desembarque
Operacionais	meio-fio de embarque saguão de embarque check-in vistoria antissequestro controle de passaportes sala de pré-embarque portão de embarque	portão de desembarque saúde dos portos inspeção fitossanitária controle de passaportes alfândega saguão de desembarque meio-fio de desembarque
Não Operacionais	free shops sanitários livraria lanchonete/restaurante souvenirs bancos lojas correios telefones	free shops sanitários câmbio rent a car reservas de hotéis informações telefones

Quadro 2 - Componentes de um terminal aeroportuário

Fonte: Feitosa (2000).

Os aeroportos brasileiros, segundo Medeiros (2004), são classificados em três níveis:

- **Alto:** alto nível de conforto, fluxo livre, sem atrasos;
- **Bom:** bom nível de conforto, fluxo normal, componente em equilíbrio;
- **Regular:** nível de conforto aceitável, fluxo normal, atrasos toleráveis, condições aceitáveis por pequenos períodos, capacidade limite do sistema.



## SAIBA MAIS

Os aeroportos ainda podem ser classificados por faixa de demanda anual de passageiros:

PORTE	CLASSE	FAIXA DE DEMANDA ANUAL DE PASSAGEIROS	QUANTITATIVO DE AEROPORTOS		
			2005	2006	2007
Pequeno	PP1	Abaixo de 100mil	3	1	0
	PP2	100 mil até 399,9 mil	16	18	17
	PP3	400 mil até 999,9 mil	13	14	14
Médio	MP	1 milhão até 2,9 milhões	9	6	8
Grande	GP	3 milhões até 7,9 milhões	5	7	7
Extra Grande	EP	Acima de 8 milhões	4	4	4
TOTAL DE AEROPORTOS			50	50	50

Quadro 3 - Classificação de aeroportos em função da demanda anual.

Fonte: Rizatti (2013).

A capacidade de atendimento de toda a instalação aeroportuária está relacionada aos seus níveis de serviço. Para componentes de processamento, por exemplo, o nível de serviço pode ser avaliado julgando-se o tempo para o atendimento e a espera máxima proporcionados pelo espaço disponível.

Quanto às instalações de espera, este nível pode ser aferido analisando-se o espaço disponível *versus* passageiro, a disponibilidade de assentos, o conforto de suas dependências e a facilidade de acesso a outras áreas.

Verifica-se, portanto, que o espaço disponível é o fator mais utilizado na medição dos níveis de serviço dos componentes aeroportuários. Assim, de acordo com Medeiros (2004), algumas tabelas com índices de dimensionamento que considerem a relação do passageiros com o espaço disponível podem ser utilizadas de referências para os aeroportos brasileiros.

Quanto a esses índices, os níveis de dimensionamento de terminais são classificados como:

- **A:** Muito bom;
- **B:** Bom;

- C: Regular.

Os aeroportos foram separados nas seguintes categorias:

- internacional;
- doméstico;
- regional.

A seguir são apresentados os quadros com os índices obtidos por Medeiros (2004) para o dimensionamento de terminais aeroportuários brasileiros:

<b>SAGUÃO DE EMBARQUE</b>			
<b>Nível de serviço</b>	<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>/usuário)</b>		
	<b>Tipo de aeroporto</b>		
	<b>Internacional</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Regional</b>
A - Alto	2,50	2,20	1,80
B - Bom	2,00	1,80	1,50
C - Regular	1,60	1,40	1,20

Quadro 4 - Índices de dimensionamento para saguão de embarque

Fonte: Medeiros (2004).

<b>SAGUÃO DE EMBARQUE</b>		
Nível de serviço	Quantidade de assentos (% do nº de usuários)	
	Se tiver sala de pré-embarque	Se não tiver sala de pré-embarque
A - Alto	25	70
B - Bom	15	60
C - Regular	10	50

Quadro 5 - Índices para quantidade de assentos em saguão de embarque  
Fonte: Medeiros (2004).

<b>SALA DE PRÉ-EMBARQUE</b>			
Nível de serviço	Largura do corredor de acesso ao portão de embarque (m)		
	Tipo de aeroporto		
	Internacional	Doméstico	Regional
A - Alto	3,00	2,50	2,00
B - Bom	2,50	2,00	1,50
C - Regular	2,00	1,50	1,00

Quadro 6 - Índices de dimensionamento para sala de pré-embarque  
Fonte: Medeiros (2004).

<b>SALA DE PRÉ-EMBARQUE</b>	
Nível de serviço	Quantidade de assentos (% do nº de passageiros)
A - Alto	80
B - Bom	70
C - Regular	60

Quadro 7 - Índices para quantidade de assentos em salas de pré-embarque  
Fonte: Medeiros (2004).

CHECK-IN								
AEROPORTO INTERNACIONAL								
Nível de serviço	Largura do balcão (m/posição)	Profund. (m)	Fila (m/pax)	Nº máximo de pax na fila/balcão	Tempo de atend./pax (min)		Circ. (m)	Área (m <sup>2</sup> /balcão)
					Voo Int.	Voo dom.		
A - Alto	2,50	4,00	1,00	8	2-3	1-2	6,00	45,00
B - Bom	2,00	3,50	0,90	10	2-3	1-2	5,00	35,00
C - Regular	1,50	3,00	0,80	12	2-3	1-2	4,00	24,90

Quadro 8 - Índices de dimensionamento para aeroportos internacionais  
Fonte: Medeiros (2004).

CHECK-IN								
AEROPORTO REGIONAL								
Nível de serviço	Largura do balcão (m/posição)	Profund. (m)	Fila (m/pax)	Nº máximo de pax na fila/balcão	Tempo de atend./pax (min)		Circ. (m)	Área (m <sup>2</sup> /balcão)
					Voo Int.	Voo dom.		
A - Alto	1,80	3,00	0,80	8	1-2		4,00	24,12
B - Bom	1,50	2,80	0,70	10	1-2		3,00	19,20
C - Regular	1,30	2,50	0,60	12	1-2		2,00	15,21

Quadro 9 - Índices de dimensionamento para aeroportos regionais  
Fonte: Medeiros (2004).

<b>ÁREA PARA TRIAGEM E DESPACHO DE BAGAGENS</b>		
<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>/voo)</b>		
<b>Tipo de aeroporto</b>		
<b>Internacional</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Regional</b>
40,00	40,00	20,00

Quadro 10 - Índices de dimensionamento para área de triagem de bagagens  
Fonte: Medeiros (2004).

<b>ÁREA DE VISTORIA DE SEGURANÇA</b>		
<b>Tipo de aeroporto</b>		
<b>Internacional</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Regional</b>
20,00 m <sup>2</sup> /módulo	16,00 m <sup>2</sup> /módulo	13,50 m <sup>2</sup> /módulo
<b>Tempo de atendimento por pax (seg)</b>		<b>Processamento</b>
		<b>(pax/h)</b>
20		180

Quadro 11 - Índices de dimensionamento para área de vistoria e segurança  
Fonte: Medeiros (2004).

<b>ÁREA DE VISTORIA DE PASSAPORTES</b>	
<b>Aeroporto Internacional</b>	
<b>Nível de serviço</b>	<b>Índice de dimensionamento (m<sup>2</sup>/pax)</b>
A - Alto	1,20
B - Bom	1,00
C - Regular	0,80

Quadro 12 - Índices de dimensionamento para Área de passaportes  
Fonte: Medeiros (2004).

<b>ÁREA DE VISTORIA DE PASSAPORTES</b>			
<b>Aeroporto Internacional</b>			
<b>Balcões para atendimento de passageiros</b>			
<b>Nº de agentes (un.)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Tempo médio de atendimento (seg)</b>	<b>Processamento (pax/h)</b>
2	8,00-14,70	30	240
4	15,00-27,30	30	480

Quadro 13 - Índices de dimensionamento para balcões de atendimento em áreas de vistoria de passaportes

Fonte: Medeiros (2004).

<b>SAGUÃO DE DESEMBARQUE</b>			
<b>Nível de serviço</b>	<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>/usuário)</b>		
	<b>Tipo de aeroporto</b>		
	<b>Internacional</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Regional</b>
A - Alto	2,00	1,80	1,50
B - Bom	1,80	1,60	1,20
C - Regular	1,50	1,20	1,00

Quadro 14 - Índices de dimensionamento para Salão de desembarque

Fonte: Medeiros (2004).

<b>SAGUÃO DE DESEMBARQUE</b>	
<b>Nível de serviço</b>	<b>Quantidade de assentos (% do nº de usuários)</b>
A - Alto	15
B - Bom	10
C - Regular	5

Quadro 15 - Índices de dimensionamento para quantidade de assentos em salões de desembarque

Fonte: Medeiros (2004).

<b>ÁREA DE RESTITUIÇÃO DE BAGAGENS</b>			
<b>Nível de serviço</b>	<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>/pax)</b>		
	<b>Tipo de aeroporto</b>		
	<b>Internacional</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Regional</b>
A - Alto	2,00	1,60	1,30
B - Bom	1,60	1,40	1,10
C - Regular	1,30	1,10	0,80

Quadro 16 - Índices de dimensionamento para Área de restituição de bagagens  
Fonte: Medeiros (2004).

<b>ÁREA DE RESTITUIÇÃO DE BAGAGENS</b>		
<b>Tipo de voo</b>	<b>Quantidade de bagagens/pax</b>	<b>% de carrinhos/pax</b>
Internacional	1,2	80
Doméstico	0,9	70
Regional	0,5	60

Quadro 17 - Índices de dimensionamento para quantidade de bagagens por passageiros  
Fonte: Medeiros (2004).

<b>ÁREA DE ALFÂNDEGA</b>	
<b>Aeroporto Internacional</b>	
<b>Nível de serviço</b>	<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>/pax)</b>
A - Alto	1,50
B - Bom	1,20
C - Regular	0,90

Quadro 18 - Índices de dimensionamento para Área de alfândega em aeroportos internacionais  
Fonte: Medeiros (2004).

<b>ÁREA DE ALFÂNDEGA</b>			
<b>Aeroporto Internacional</b>			
<b>Balcões para atendimento de passageiros</b>			
<b>Nº de agentes (un.)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Tempo médio de atendimento (min)</b>	<b>Processamento (pax/h)</b>
2	17,48-29,16	2	60

Quadro 19 - Índices de dimensionamento para quantidade de balcões na área de alfândega  
Fonte: Medeiros (2004).

<b>SANITÁRIOS MASCULINOS</b>				
<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>)</b>				
<b>Nível de serviço</b>	<b>Lavatório</b>	<b>B. sanitária</b>	<b>Mictório</b>	<b>Circulação</b>
A - Alto	1,40	2,00	1,10	2,38
B - Bom	1,20	1,80	0,90	2,11
C - Regular	1,00	1,50	0,70	1,55

Quadro 20 - Índices de dimensionamento para Sanitários masculinos  
Fonte: Medeiros (2004).

<b>SANITÁRIOS FEMININOS</b>			
<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>)</b>			
<b>Nível de serviço</b>	<b>Lavatório</b>	<b>B. sanitária</b>	<b>Circulação</b>
A - Alto	1,40	2,00	1,85
B - Bom	1,20	1,80	1,68
C - Regular	1,00	1,50	1,20

Quadro 21 - Índices de dimensionamento para Sanitários femininos  
Fonte: Medeiros (2004).

ÁREA TOTAL DO TPS			
Nível de serviço	Índices de dimensionamento (m <sup>2</sup> /pax)		
	Tipo de aeroporto		
	Internacional	Doméstico	Regional
A - Alto	25,00	18,00	15,00
B - Bom	22,00	15,00	12,00
C - Regular	18,00	12,00	10,00

Quadro 22 - Índices de dimensionamento para Terminal de passageiros

Fonte: Medeiros (2004).

De acordo com Alves (2018), recomendam-se, para uma estimativa preliminar, os seguintes índices para áreas de concessões de terminal de passageiros em aeroportos:

- **Aeroportos internacionais:** com elevados volumes de tráfego propõe-se de 40 a 60% da área total dos componentes operacionais;
- **Aeroportos domésticos:** volumes médios de tráfego indica-se de 20 a 40% da área total dos componentes operacionais;
- **Aeroportos regionais:** com pequenos volumes de tráfego recomenda-se de 15 a 25% da área total dos componentes operacionais.

## SAIBA MAIS

Outros índices globais também usados no pré-dimensionamento de TDS:

- 18 a 24 m<sup>2</sup>/pax na hora pico (FAA);
- 15 a 25 m<sup>2</sup>/pax na hora pico (STBA, 1983);
- 25 a 30 m<sup>2</sup>/pax na hora pico (IATA).



## Terminal de Carga

O transporte aéreo de carga é um importante propulsor da integração entre os modais de transporte do mercado interno e externo.

O termo carga aérea é utilizado para expressar a diversidade de itens transportados por via aérea. Nesse sentido, considera-se carga aérea os seguintes itens: Mala postal, encomendas expressas (*courier*) e carga propriamente dita.

Não é difícil pensar que há uma heterogeneidade da natureza e dos tratamentos das cargas aéreas em terminais aeroportuários. As operadoras procuram classificá-las de modo que se facilitem a padronização das rotinas do seu manuseio.

Vários são as metodologias de dimensionamento de um terminal de carga aérea. Dentre estas, Alves (2018), destaca os seguintes:

- **Método STBA (1984):** Dispõe de índices gerais que podem variar de 3t/ano/m<sup>2</sup> a 20t/ano/m<sup>2</sup>;
- **Método FAA (2004):** Gráfico para estimativas das áreas administrativas e de processamento em terminais de cargas;
- **Método IATA (2004):** Atribui uma produtividade espacial entre 5 a 17 ton/m<sup>2</sup> dependendo do grau de automação do serviço;
- **Método do IAC:** utilização da equação:

$$A = (T.F.f.t_m) / (365.d.h)$$

Onde:

A - Área disponível (m<sup>2</sup>).

T - Tonelagem anual prevista (ton).

F - Fator de flutuação da demanda de carga (1,1 a 1,5), maior quanto menor for o T.

f - Fator que depende das áreas de armazenagem, varia de 1,3 a 2,5.

t<sub>m</sub> - Tempo médio de permanência no Terminal.

d - Densidade média da Carga (ton/m<sup>3</sup>).

h - Altura máxima de empilhamento, depende do equipamento disponível (1,4 a 4,0m).

---

## Fechamento

Nota-se que o terminal de passageiros é uma edificação que envolve uma complexa interação entre as companhias aéreas, as autoridades aeroportuárias e os passageiros (EDWARDS, 1998).

Com relação aos seus usuários, o terminal de passageiros é o ambiente central do complexo aeroportuário, tendo papel decisivo na satisfação do cliente com o transporte aéreo.

Segundo Edwards (1998), a reputação do aeroporto é disciplinada pelo terminal de passageiros, não apenas em termos estéticos e arquitetônicos, mas, também, com relação ao suprimento das necessidades e expectativas do usuário. Por esse motivo, é primordial que as suas dimensões físicas ofereçam plenas condições tanto para as atividades operacionais quanto para as atividades relativas aos demais serviços oferecidos pelo aeroporto.

Nesta aula, você teve a oportunidade de:

- conhecer os componentes dos terminais e suas funções;
- avaliar e dimensionar componentes aeroportuários dos terminais.

## VÍDEO

ESTE CONTEÚDO DEVERÁ SER VISUALIZADO NO MATERIAL ONLINE.



---

# Referências

---

ALVES, C. J. P. **Apostila do Curso Planejamento de Aeroportos – Tomo II. Infraero**, 1987.

ALVES, C. J. P. **Planejamento e Projeto de Aeroportos: Notas de aula**. Disponível em: <<http://www.civil.ita.br/~claudioj>>. Acesso em: 02 ago. 2018.</http:>

ANAC. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC 154): Projeto de aeródromos**. Brasília: ANAC, 2017.

GOLDNER, L. G. **Apostila de Aeroportos**. Universidade Federal de Florianópolis, Florianópolis, 2012.

HORONJEFF, R.; MCKELVEY, F. X. **Planning and design of airports**. 5. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2010.

ICAO. **Annex 14 - V.1 - Aerodrome Design and Operations**. 7 ed. Montreal: ICAO, 2016.

KAZDA, A.; CAVES, R. E. **Airport Design and Operation**. 2. ed. Nova Iorque: Elsevier, 2009.

MEDEIROS, A. G. M. de. **Um método para dimensionamento de terminais de passageiros em aeroportos brasileiros**. 2004. Vol. I - 209 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José Dos Campos, 2004.

SILVA, E. M. **Que Aeroportos Queremos?** Revista da DIRENG, Rio de Janeiro, v.3, n.6, p. 41-50, 2001.

RIZZATTI, M. S. **Análise do Dimensionamento do terminal de passageiros do aeroporto internacional Hercílio Luz - Florianópolis.** 2013. 107 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.