

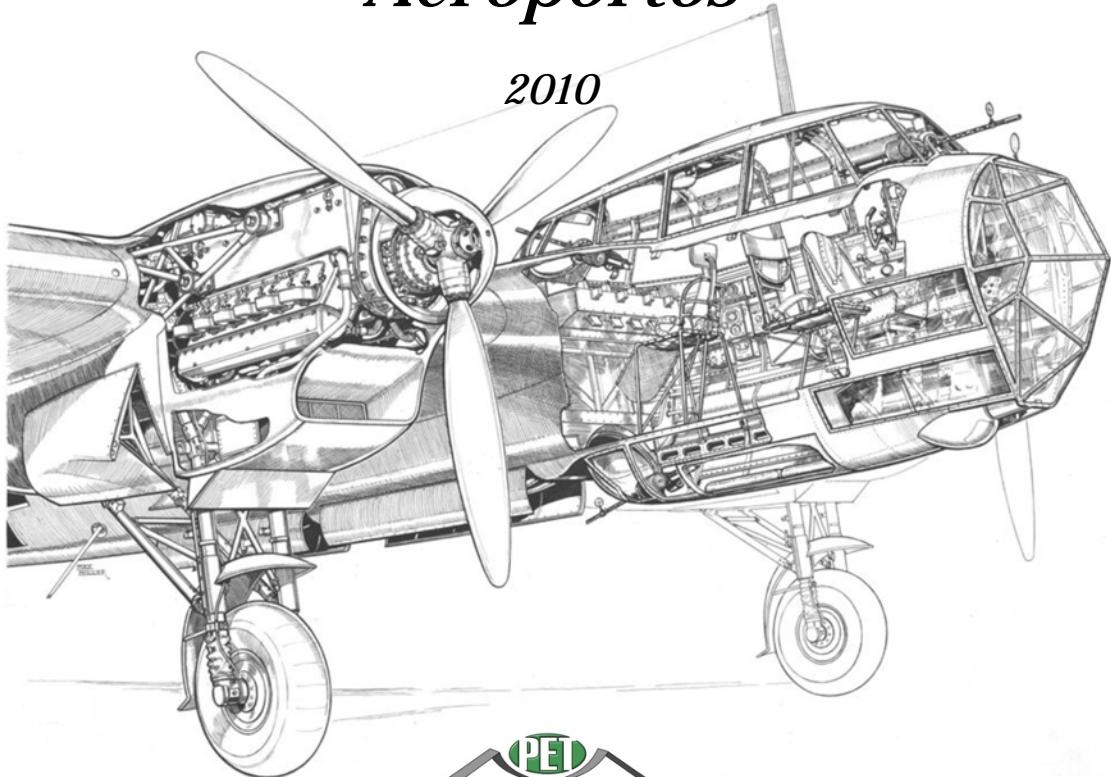


Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Civil

Apostila de

Aeroportos

2010



Programa de Educação Tutorial – PET



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Civil

Apostila de
Aeropostos

Lenise Grando Goldner

Colaboração dos Bolsistas PET:

Juliana Vieira dos Santos

Valmir Cominara Junior

SUMÁRIO

MÓDULO I

AULA 01	11
1. Introdução à Organização do Transporte Aéreo.....	11
1.1. Espaço Aéreo.....	11
1.2. Princípios Gerais.....	11
1.3. Organizações Internacionais de Regulamentação da Aviação Civil	12
1.3.1. Internacional Civil Aviation Organization – ICAO	12
1.3.2. Internacional Air Transport Association - IATA	12
1.3.3. Federal Aviation Administration - FAA.....	13
1.3.4. Ministério da Aeronáutica do Brasil.....	13
1.3.5. Comando da Aeronáutica do Brasil - COMAER	13
1.3.6. Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC.....	13
1.4. Legislação Nacional e Internacional	14
1.5. Evolução do Transporte Aéreo Regular No Brasil	14
1.5.1. Período de 1927 a 1939	14
1.5.2. Período de 1939 a 1959	14
1.5.3. Período de 1961 a 1968	15
1.5.4. Período de 1969 a 1980	15
1.5.5. Período de 1981 a 1989	15
1.5.6. Período de 1988 a 1998	15
1.5.7. Período de 1998 a 2004	15
1.5.8. Período de 2005	16
1.5.9. Período de 2006	16
1.5.10. Período de 2007	17
AULA 02	18
1. Composição de Peso e Desempenho em Cruzeiro.....	18

1.1.	Definições.....	18
1.1.1.	Limitantes estruturais	18
1.1.2.	Limitantes operacionais	19
1.2.	Definições dos Pesos, Segundo Manuais do Airport Planning (Boeing 747 – 1984).....	19
1.3.	Desempenho em Cruzeiro.....	19
1.4.	Pontos Notáveis	21
2.	Nomenclatura Utilizada.....	21
3.	Classificações.....	23
3.1.	Segundo a 1019	23
3.2.	Operacional	23
3.2.1.	Pista de Pouso por Instrumentos	23
3.2.2.	Pista para Pouso sem Instrumentos.....	24
3.3.	ICAO.....	24
	AULA 03	26
1.	Introdução à Mecânica de Locomoção do Avião	26
1.1.	O Avião	26
1.2.	Componentes	26
1.3.	Noções de Mecânica de Vôo	28
1.3.1.	Aerofólios	29
1.3.1.1.	Forças que atuam sobre a superfície de um aerofólio.....	29
1.3.1.2.	Elementos do Aerofólio e do Seu Perfil	31
1.3.1.3.	Quantidade das Forças que Atuam em um Aerofólio.....	31
1.3.2.	Forças que Atuam no Avião	34
1.3.2.1.	Eficiência Aerodinâmica	34
1.3.2.2.	Força de Tração e Potêncica Necessária ao Vôo.....	35
1.3.2.3.	Estol	36
	AULA 04	38

1.	Dimensionamento do Comprimento De Pista	38
1.1.	Comprimento de Pista.....	38
1.2.	Definições.....	39
1.3.	Comprimento de Pista Balanceada	40
1.3.1.	Decolagem sem Falha	40
1.3.2.	Conclusões.....	40
1.4.	Comprimento da Pista para Pouso.....	40
1.5.	Procedimento de Subida	41
2.	Determinação do Comprimento de Pista Necessário – Desempenho na Decolagem	41
2.1.	Determinantes do Comprimento de Pista	41
2.2.	Fatores que Determinam o Comprimento de Pista para Decolagem	43
2.3.	Comprimento de Pista a Ser Construído	43
3.	Fatores de Correção (segundo ICAO)	48
4.	Nomenclatura Conhecida.....	48
5.	Pistas de Pouso / Decolagem	49
5.1.	Código de Referência do Aeródromo.....	49
5.2.	Largura da Pista de Pouso / Decolagem.....	50
	AULA 05	51
1.	Configuração Do Aeroporto	51
1.1.	Configuração de Pistas de Pouso:	51
1.1.1.	Objetivos do Planejamento	51
1.2.	Orientação de Pistas.....	51
1.2.1.	Determinação Gráfica da Orientação da Pista	52
1.3.	Quantidade de Pistas de Pouso e Decolagem.....	58
1.4.	Capacidades Horárias Estimadas.....	58
1.5.	Configuração de Pistas – Comparação	58
1.6.	Pistas de Táxi	59

1.6.1.	Objetivos do Planejamento	59
1.6.2.	Pista de Táxi-Saída.....	59
1.7.	Pátios de Espera	60
1.8.	Evolução do Sistema de Pistas de Táxi	60
1.9.	Localização da Área Terminal / Pátio de Aeronaves	60
1.9.1.	Objetivos de Planejamento	60
1.9.2.	Fatores que influenciam a localização da Área Terminal	60
1.9.3.	Localização de Instalações da Área Terminal.....	61
2.	Outras Instalações.....	63
2.1.	Infra-estrutura de Apoio	63
	AULA 06	68
1.	Escolha De Sítio Aeroportuário	68
1.1.	Objetivo	68
1.2.	Etapas do Processo de Escolha	68
1.3.	Fatores que Influenciam Dimensões do Aeroporto	68
1.4.	Estudo de Escritório de Possíveis Alternativas.....	68
1.4.1.	Critérios Básicos de Localização	68
1.5.	Metodologia de Escolha de Sítio Aeroportuário	69
	AULA 07	74
1.	Plano Diretor Aeroportuário	74
1.1.	Características Gerais	74
1.1.1.	Seqüência de Fases	74
1.2.	Informações Básicas.....	74
1.3.	Estudos Preliminares.....	75
1.3.1.	Estudo da demanda do Transporte Aéreo	75
1.3.2.	Estudo da Capacidade da Infra-estrutura Aeroportuária.....	75
1.4.	Escolha do Local	76

1.4.1.	Estudo de Gabinete	76
1.4.2.	Pesquisas de Campo.....	76
1.4.3.	Avaliação Final e Seleção.....	76
1.5.	Planejamento Geral do Aeroporto.....	76
1.6.	Impactos.....	77
1.6.1.	Sociais.....	77
1.6.2.	Econômicos	77
1.6.3.	Ambientais	77
1.7.	O Plano Diretor de acordo com as Normas da Icao	82
1.7.1.	Demanda de Tráfego.....	85
1.7.2.	Crescimento de Passageiros e de Aeronaves (doméstico e internacional)	85
1.8.	Estrutura do Relatório sobre o Plano Diretor	87
	AULA 08	89
1.	Plano de Zona de Proteção de Aeródromo.....	89
1.1.	Legislação Internacional.....	89
1.2.	Legislação Brasileira	89
1.3.	Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo.....	89
1.4.	Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromo	89
1.5.	Plano de Zona de Proteção de Aeródromo	90
1.6.	Faixa de Pista.....	90
1.7.	Área de Aproximação	91
1.8.	Área de Decolagem	92
1.9.	Área de Transição.....	92
2.	Área Horizontal Interna.....	94
2.1.	Área Cônica	95
2.2.	Área Horizontal Externa	96
2.3.	Requisitos para Elaboração do Pbzpa	100

2.3.1.	Tipo de operação do aeródromo	100
2.3.2.	Código da pista.....	100
	AULA 09.....	101
1.	O Terminal de Passageiros	101
1.1.	Funções Básicas do Terminal	101
1.2.	Concepções Básicas de um TPS.....	101
1.2.1.	Forma do Terminal	101
1.2.2.	Nível do Processamento.....	101
1.3.	Fluxos no Terminal de Passageiros	102
1.3.1.	Demanda do Transporte Aéreo.....	102
1.3.2.	Dimensionamento do TPS (Doméstico/Internacional)	102
1.4.	Principais Componentes Operacionais.....	102
1.4.1.	Embarque	102
1.4.2.	Desembarque	102
1.4.2.1.	Trânsito.....	103
1.4.2.2.	Índices e Áreas	103
1.4.3.	Parâmetros de Interesse	103
1.4.4.	Perfil do Passageiro	103
1.5.	Bibliografia	103
	AULA 01.....	124
1.	Pavimento De Aeroportos.....	124
1.1.	Dimensionamento de Pavimentos	124
1.2.	Conceitos Fundamentais	124
1.3.	Características das Aeronaves: Tipos de Trem de Pouso	125
1.4.	Mecânica dos Pavimentos.....	125
1.5.	Dimensionamento de Pavimentos	126
1.6.	Determinação da Equivalência de Partidas Anuais para a Aeronave de Projeto.....	126

1.7.	Dimensionamento e Pavimento Flexível.....	130
1.7.1.	Camadas do Pavimento.....	130
1.7.2.	Dados a Serem Considerados no Projeto.....	130
1.8.	Expressura Mínima da Base.....	131
1.9.	Tabelas de Equivalência para projeto de reforço	131
1.10.	Pavimentos para Aeronaves Leves.....	137
1.11.	Dimensionamento dos Pavimentos Rígidos.....	139
1.12.	Dimensionamento dos Pavimentos Rígidos.....	143
1.13.	Tamanho de Juntas de Placas sem Sub-Base Estabilizada	147
1.14.	Tamanho de Juntas de Placas com Sub-Base Estabilizada	147
1.15.	Exercício de Dimensionamento de Pavimento Flexível	149
	AULA 02.....	150
1.	Drenagem em Aeroportos	150
1.1.	As Áreas dos Aeroportos	150
1.2.	Funções da Drenagem.....	150
1.3.	Estimativa da Água de Escoamento das Chuvas	150
1.4.	Método Racional	150
1.5.	Operação do Método	150
1.6.	Fórmulas Utilizadas	151
1.7.	Exercícios de Drenagem – Método Racional.....	155
	AULA 03.....	162
1.	Sinalização Horizontal de Pista.....	162
1.1.	Tipos de Sinalização	162
1.2.	Pista de Pouso e Decolagem	162
1.3.	Tipos de Sinalização de Pista de Rolamento ou Táxi.....	173
1.4.	Exercício – Sinalização Horizontal de Pista P/D.....	177
	AULA 04.....	180

1.	Acessos Terrestres e Estacionamentos	180
1.1.	Parâmetros para o Dimensionamento dos Estacionamentos de Automóveis em Aeroportos Brasileiros	180
1.2.	Introdução	181
1.3.	Composição da Amostra do Estudo	183
1.4.	Escolha Modal e Demanda de Autos nos Estacionamentos dos Aeroportos Hercílio Luz e Salgado Filho	184
1.5.	Taxas de Utilização dos Estacionamentos.....	190
1.6.	Modelos de Regressão Linear para os Aeroportos	190
1.7.	Conclusões.....	191
1.8.	Referências Bibliográficas	193
	AULA 05	195
1.	Heliportos e helipontos	195

AULA 01

1. Introdução à Organização do Transporte Aéreo

1.1. Espaço Aéreo

- **Primeiras controvérsias:** ascensões de balões (Paris-1784)

Século XIX – debates:

1903 → Irmãos WRIGHT – Colocam em vôo um engenho mais pesado do que o Ar.

1906 → SANTOS DUMONT – *França* – Primeiro Aeroplano.

1917-1919 → 1^a *Guerra Mundial* – Aprimoramento técnico de aeronaves e da navegação aérea.

1919 → *Paris* – Convenção para regulamentação da navegação aérea.

1927 → Iniciou-se a aviação comercial brasileira.

1928 → Sobre aviação comercial.

1929 → *Varsóvia* – Sobre unificação de regras do transporte aéreo internacional.

1933 → *Roma* – Sobre unificação de regras sobre apreensão cautelar de aeronaves.

1944 → *Chicago* – Sobre aviação civil internacional. Convenção mais importante.

1941-1945 → 2^a *Guerra Mundial*

1948 → *Genebra* – Reconhecimento internacional de direitos em aeronaves de transporte aéreo.

1952 → *Roma* – Sobre danos de aeronaves estrangeiras à terceiros, na superfície.

1958 → *Genebra* – Sobre direito internacional em alto-mar.

1961 → *Guadalajara*.

1963 → *Tókio* – Seqüestros.

1970 → *Hague* - Seqüestros

1971 → *Montreal* – Seqüestros.

1.2. Princípios Gerais

- **Princípio fundamental** → Soberania sobre espaço aéreo.
- **Espaço Aéreo** → Acima do território do país e respectivas águas jurisdicionais.
- **Cinco Liberdades do Ar:**

1. Uma aeronave tem direito de sobrevoar um outro país, sem pousar, contanto que o país sobrevoado seja notificado antecipadamente e aprove o sobrevôo (Passagem inocente).
2. Uma aeronave civil de um país tem o direito de pousar em outro país por razões técnicas, tais como abastecimento ou manutenção, sem proceder a qualquer tipo de serviço comercial neste ponto de parada (Parada Técnica).
3. Uma empresa aérea tem o direito de carrear o tráfego de seu país de registro para outro.
4. Uma empresa aérea tem o direito de carrear o tráfego de um país para o seu país de registro.
5. Uma empresa aérea tem o direito de carrear tráfego entre dois países diferentes do seu país de registro, desde que o voo origine ou termine no seu país de registro.

Ainda:

6. Uma empresa aérea tem o direito de carrear tráfego que não se origine ou termine no seu país de registro, desde que passe através, faça conexão ou permaneça, por um tempo limitado, em qualquer ponto de seu país de registro.

Existem, porém são raramente permitidos:

7. Uma empresa aérea tem o direito de operar inteiramente fora de seu país de registro carreando tráfego entre outros países.
8. Uma empresa aérea tem direito de carrear tráfego de um ponto para outro do mesmo país estrangeiro.

1.3. Organizações Internacionais de Regulamentação da Aviação Civil

1.3.1. International Civil Aviation Organization – ICAO

- Criada em abril de 1947
- As recomendações e padronizações foram agrupadas em 17 anexos técnicos (Anexo 14 é o mais importante)
- Administrada por um conselho e várias comissões e órgãos subsidiários, subordinados pela assembléia geral.
- Filiada à ONU
- Sede em Montreal (Canadá) e mais sedes regionais (Lima-Perú)

1.3.2. International Air Transport Association - IATA

- Criada em abril de 1945 em Havana;

- Agrupamento de empresas de transporte aéreo com a finalidade de coordenar as atividades de taxações tarifárias, visando uma exploração segura, eficaz e econômica;
- Dois escritórios centrais: Montreal e Genebra, mais sedes regionais (Rio de Janeiro);

1.3.3. Federal Aviation Administration - FAA

- Do governo norte-americano;
- Subordinada ao USDOT (www.dot.gov , WWW.faa.gov);
- Regulamentos e circulares técnicas sobre aeronaves, tripulação, espaço e tráfego aéreo, navegação, administração e aeroportos;

1.3.4. Ministério da Aeronáutica do Brasil

- Criado em 1941 (www.maer.mil.br)
- Estrutura:
 - Órgãos de direção geral;
 - Órgãos de direção setorial (DAC – Departamento de Aviação Civil; IAC – Instituto de Aviação Civil);
 - Órgãos de assessoramento;
 - Órgãos de apoio;
 - Força Aérea Brasileira (FAB).

1.3.5. Comando da Aeronáutica do Brasil - COMAER

- Criado em 1999 (www.fab.mil.br)
- Parte do Ministério da Defesa
- Estrutura:
 - Departamento de Controle do Espaço Aéreo - DECEA
 - Departamento de Aviação Civil – DAC (extinto com a criação da ANAC)

1.3.6. Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC

- Criada pela Lei nº 11.182, de 27 de setembro de 2005 (www.anac.gov.br).
- Atuará como autoridade aeronáutica da aviação civil.
- Missão – visa o atendimento do interesse público e o desenvolvimento e fomento da aviação civil, da infra-estrutura aeronáutica e aeroportuária do País.

- Estrutura:
 - Diretoria Colegiada (4 Diretores e o Diretor-Presidente).
 - Superintendências (em número de 6).
 - Gerências Regionais (em número de 8).

1.4. Legislação Nacional e Internacional

- Anexo 14: Normas e Recomendações Internacionais – Aeródromos – ICAO Volume I: Aeródromos e Volume II: Heliportos.
- Advisory Circular – FAA (Projeto de Pavimentos, Planejamento etc.).
- Código Brasileiro de Aeronáutica – 1966
- Portaria nº 018/GM5 do Ministério da Aeronáutica – 1974 (Heliportos).
- Portaria nº 1.141/GM5 do Ministério da Aeronáutica – 1987 (Zona de Proteção de Aeródromos e Auxílios).
- IAC 2328 – Instrução de Aviação Civil do DAC – 1990 (Autorização de Construção de Aeródromos Civis e Aeroportos Brasileiros).

1.5. Evolução do Transporte Aéreo Regular No Brasil

- Origem da Aviação comercial → Final da década de 20.
(em 1º de janeiro de 1927, a primeira empresa no Brasil a transportar passageiros foi a CONDOR SYNDIKAT – Ministro Vitor Konder e outras pessoas – do Rio de Janeiro a Florianópolis).

1.5.1. Período de 1927 a 1939

- Desenvolvimento da indústria aeronáutica durante a 1ª guerra mundial.
- Desejo ou espírito aeronáutico das autoridades governamentais brasileiras.
- Em 1927 foi criado o código brasileiro do ar.
- Em 1927 → Criada a VARIG e a Sociedade Mercantil Sindicato CONDOR Ltda. (mais tarde CRUZEIRO DO SUL).
- Em 1930 → PANAIR do Brasil (faliu)
- Em 1934 → VASP

1.5.2. Período de 1939 a 1959

- Período de entrada de grande número de empresas, posterior fusão, absorção e eliminação devido a:
 - a) Oferta de aviões excedentes da 2ª guerra mundial

b) Aumento da demanda

- Na última metade do período houve diminuição da demanda devido à abertura de estradas e instalação da indústria automobilística.
- Em 1959 surgiu a ponte-aérea RIO – SP.

1.5.3. Período de 1961 a 1968

- Redução do número de passageiros transportados no mercado doméstico.
- Crise financeira na indústria devido ao processo inflacionário e reforma cambial.
- Busca de solução através de três encontros da CONAC – Conferência Nacional de Aviação Civil.

1.5.4. Período de 1969 a 1980

- Em 1975 – Fusão VARIG-CRUZEIRO.
- Criação do SITAR – Sistema Integrado do Transporte Aéreo: desenvolvimento do transporte aéreo regional e incentivo à indústria aeronáutica brasileira (EMBRAER).
- Surgem: TABA / NORDESTE / TAM / VOTEC / RIO-SUL.

1.5.5. Período de 1981 a 1989

- Prejuízos até 1986 com a implantação do plano cruzado quando ocorreu aumento considerável da demanda.
- Em 1986 foi realizada a 4ª CONAC.

1.5.6. Período de 1988 a 1998

- Durante o plano cruzado → aumento da demanda.
- Período inflacionário → diminuição e crise.
- Em 1992 – 5ª CONAC → As regionais não precisam mais atuar em áreas específicas.
- Em 1994 – Plano Real → Aumento da demanda.

1.5.7. Período de 1998 a 2004

- a)** TRANSBRASIL parou de operar → dívida de combustível.
- b)** TAM menos deficitária → maior mercado doméstico.
- c)** Atentado terrorista (11/09 EUA) com uso de aviões comerciais.
- d)** Queda da Aviação Civil (Turismo).
- e)** Intensificação da segurança nos aeroportos.

- f) Crise devido ao aumento do dólar → desvalorização do Real.
- a) Recessão → pessoas fazem menos viagens internacionais.

1.5.8. Período de 2005

- Julho de 2005 – entra em operação a empresa WEBJET, de modelo “low cost, low fare”.
- Agosto de 2005 – começa a funcionar como empresa de vôos regulares a empresa “BRA”, que antes operava somente com vôos charter.
- Em 20/07/2005 o mercado era dividido em:
 - TAM com 43% do mercado;
 - GOL com 29% do mercado;
 - VARIG com 26 % do mercado.
- Características de uma empresa “low cost, low fare”:
 - não oferece milhagem
 - não oferece comida quente durante o vôo. O local dos fornos de aquecimento da comida é ocupado por assentos.
 - homogeneização da frota, o que barateia a manutenção.
 - mantém as aeronaves voando o maior tempo possível.
 - estimula compra de passagens pela internet, o que reduz gastos com papel e funcionários.
- Setembro de 2005 - criação da ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil (Lei nº 11.182 de 27/09/05).
- VARIG entra em processo de recuperação judicial e vende a VarigLog (transporte de cargas) e VEM (manutenção) para TAP por US\$62 milhões. A TAP ficou com a VEM por US\$ 24 milhões e revendeu a VarigLog por US\$48,2 milhões para Volo do Brasil (3 empresários brasileiros e o fundo americano Matlin Patterson).

1.5.9. Período de 2006

- Aumento da demanda em função da baixa do dólar. (valorização do Real)
- Crise na Varig – dívida de aproximadamente 8 bilhões de reais.
- Em julho de 2006 a Varig é dividida em antiga Varig (processo judicial, com as dívidas) e nova Varig (enxuta).
- A VarigLog controlada pela Volo do Brasil compra a nova VARIG.

- Ocorre acidente com avião da GOL na Amazônia (29/09/2006): houve choque com aeronave pequena (Legacy) – não há sobreviventes.
- Crise nos aeroportos – ocorrência de grande atraso nos vôos – filas enormes – descontentamento geral dos passageiros

1.5.10. Período de 2007

- Continua a crise nos aeroportos que culmina com a troca de Ministro da Defesa – novo ministro Nélson Jobim.
- A Empresa GOL compra a nova VARIG em 28/03/2007 por US\$320 milhões (R\$660 milhões). Após a compra o mercado ficou dividido em:
 - Doméstico - TAM com 47,33%, GOL com 44,83%,
 - BRA 2,98%, OceanAir 2,24 % e Demais 2,62%.
 - Internacional - TAM com 61,01%, GOL com 30,76%,
 - BRA 7,89%, OceanAir 2,24 % e Demais 0,34%.
- Ocorre acidente com avião da TAM (17/07/2007) no aeroporto de Congonhas em SP – em pista molhada avião sai da pista e se choca com posto de gasolina e hangar da TAM do outro lado da rua e explode – não há sobreviventes.
- Agravamento da crise no transporte aéreo brasileiro leva a substituição dos Diretores da ANAC e também a criação da Secretaria de Aviação Civil do Ministério da Defesa para coordenar os órgãos da aviação civil brasileira (DECEA/ANAC/INFRAERO/Indústria Aeronáutica).

AULA 02

1. Composição de Peso e Desempenho em Cruzeiro

1.1. Definições

- Componente do peso bruto

Composto de 3 parcelas:

- **Peso Básico Operacional:** peso do avião pronto para operar excluindo-se a carga paga e o combustível utilizável. Inclui estruturas, assentos, equipamentos diversos, tripulação, copas, enfim, tudo que não seja carga paga e combustível.
- **Carga paga:** toda carga transportada que produz receita. Compõe-se de passageiros, bagagem, correio e carga.
- **Combustível total:** compreende combustível de bloco mais reservas.

Reserva inclui:

- 10% do combustível a se consumir na viagem, para cobrir eventuais diferenças de consumo durante o voo;
- Combustível para o voo até o aeroporto alternativo;
- Combustível para espera, para pelo menos 30 minutos de voo sobre o aeroporto a 450 m de altitude, ou de acordo com outro regulamento aplicável.

1.1.1. Limitantes estruturais

- **Peso máximo zero combustível:** peso máximo que pode ter a aeronave carregada, porém sem combustível.
- **Carga paga máxima estrutural:** é o máximo peso que pode ter a carga paga, seja ela passageiro, carga, correio ou combinação desses itens.
- **Peso máximo estrutural de decolagem:** peso máximo com qual a aeronave pode decolar supondo-se que não exista limitante operacional, que na realidade existem por razões estruturais.
- **Peso máximo estrutural de pouso:** é o peso máximo com qual a aeronave pode pousar (supondo-se que não existam limitantes operacionais).
- **Peso máximo estrutural de rampa ou de taxi:** é o máximo peso pelo qual a aeronave poderá iniciar o taxi, ou seja, sair dos calços para dirigir-se até a cabeceira da pista.

- **Capacidade máxima dos tanques:** é o máximo volume de combustível que o avião admite.

1.1.2. Limitantes operacionais

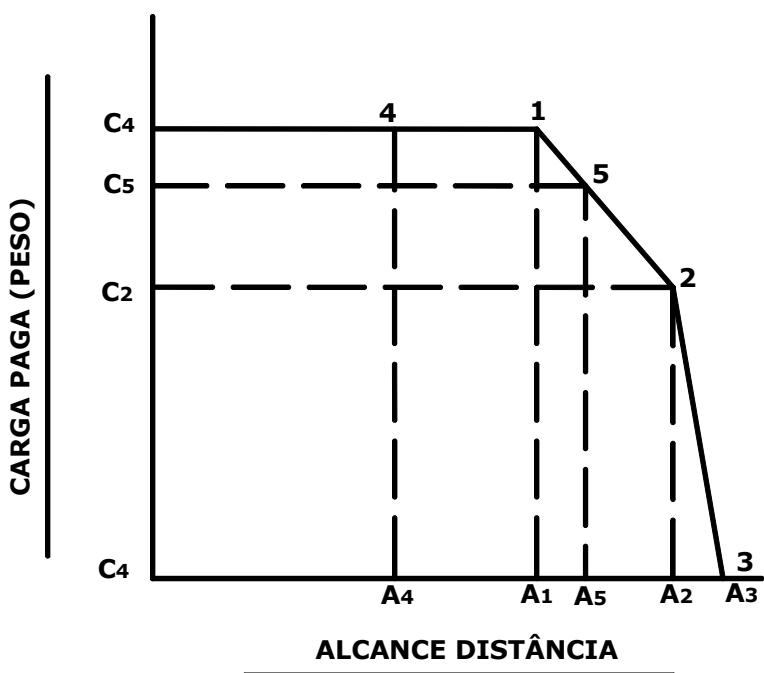
- **Peso máximo de decolagem:** sempre menor ou igual ao peso máximo estrutural de decolagem. Imposto pelo comprimento e declividade da pista, temperatura, pressão, vento, pneus, condições de subida, condições de frenagem e outras.
- **Peso máximo de pouso:** sempre menor ou igual ao peso máximo estrutural de pouso. Imposto pelas condições reinantes no pouso, principalmente o comprimento e a declividade da pista além do estado da superfície da pista.

1.2. Definições dos Pesos, Segundo Manuais do Airport Planning (Boeing 747 – 1984)

- **Peso máximo de táxi, de projeto (PMT):** máximo peso para manobras no solo, limitado pela resistência da aeronave e requisitos de aero-navegabilidade.
- **Peso máximo de pouso, de projeto (PMP):** máximo peso para pouso, limitado pela resistência da aeronave e requisitos de aero-navegabilidade.
- **Peso máximo de decolagem, de projeto (PMD):** máximo peso para a decolagem, limitado pela resistência e condições de aero-navegabilidade.
- **Peso de operação vazio (POV) ou Peso básico operacional (PBO):** peso da estrutura, grupos motopropulsores, mobiliário etc. Excluindo-se combustível usável e a carga paga.
- **Peso máximo zero combustível, de projeto (PMZC):** máximo peso permitido, acima do qual só se pode carregar o avião com combustível usável.
- **Carga paga máxima = peso máximo zero combustível – peso de operação vazio.**
- Capacidade máxima de assentos: número máximo de passageiros especificamente homologados ou previstos para homologação.
- **Volume máximo de carga:** espaço disponível para a carga.
- **Combustível usável:** combustível disponível para a propulsão da aeronave.

1.3. Desempenho em Cruzeiro

Observar a FIGURA 2.01 – Curva Carga Paga Versus Alcance.



- Existe um limitante máximo para a carga paga, por razões estruturais. Teoricamente a carga paga máxima estrutural é dada pela diferença entre o peso zero combustível e o peso vazio de operação (ou peso básico operacional); LINHA C1-1. Nesta linha o avião decola com peso bruto menor que o máximo estrutural de decolagem.
- A etapa mais longa que se pode fazer com a carga máxima é obtida quando se decola com o peso máximo estrutural de decolagem; PONTO 1.
- A partir do ponto 1 não é possível aumentar o peso de decolagem, que já é o máximo estrutural. Para aumentar a etapa, de A1 a A2, deve-se ter mais combustível, e por isso, menos carga. LINHA 1-2. Troca-se carga por combustível.
- Se a aeronave fosse carregada com a carga máxima estrutural e todo o combustível possível, e por isso, menos carga. LINHA 1-2. Troca-se carga por combustível.
- Se a aeronave fosse carregada com a carga máxima estrutural e todo o combustível possível (capacidade máxima dos tanques) excederia o peso máximo estrutural de decolagem. Isto é, com os tanques cheios, mesmos que decole com o

peso máximo estrutural de decolagem, a carga paga será menor que a máxima.
PONTO 2.

- Decolando-se com os tanques cheios, a etapa será maior à medida que se diminuir a carga. LINHA 2-A3. Pra decolagem com os tanques cheios e sem carga, ter-se-á o máximo alcance vazio. PONTO A3.
- Há aviões que têm ainda uma limitação de carga imposta pelo peso máximo de pouso que terá ao chegar no aeroporto de origem. Isto ocorre principalmente nos aviões de carga, que tem as estrutura reforçada de modo que o peso zero combustível é próximo do peso máximo de pouso. Ao chegar no aeroporto de destino, a carga que pode estar levando deve ser tal que o peso zero combustível mais o combustível de reserva não ultrapassem o peso máximo estrutural de pouso. A LINHA 4-5 representa essa situação.
- A curva será C1-4-5-2-A3.

1.4. Pontos Notáveis

C1 – carga paga máxima estrutural

A1 – máxima distância que se pode voar levando-se a carga paga máxima; peso de decolagem máximo estrutural.

C2 – máxima carga que se pode levar, decolando com o peso máximo de decolagem e com os tanques cheios. Notar que C2 <C1. A diferença é o combustível para se voar um pouco mais longe, de A1 para A2.

A2 – máxima distância que se pode voar, decolando com os tanques cheios e peso máximo estrutural de decolagem.

A3 – máximo alcance vazio: máxima distância que se pode voar sem carga paga e tendo decolado com tanques cheios.

2. Nomenclatura Utilizada

São termos ou símbolos que tem grande uso no desenvolvimento de trabalhos no campo aeroportuário.

- **A/C:** “aircraft”, aeronave;
- **Acostamento:** faixa lateral nas pistas ou pátios com revestimento tal que evite a ingestão pelas turbinas de materiais sobre o solo e adequado ao tráfego eventual de veículos;
- **Altitude:** a elevação do ponto mais alto das pistas de pouso e decolagem;

- **Área de Manobras:** composta pelas partes de aeródromo utilizadas para decolagem, o pouso e o rolamento da aeronave excluindo os pátios;
- **Área de Movimento:** composta pela área de manobras e os pátios, também chamados de “airside”;
- **Bags:** “baggages”, bagagens;
- **“Clearway”, Zona Desimpedida:** área retangular, sob o controle da administração do aeródromo e preparada de forma a permitir o sobrevoô das aeronaves na fase inicial de subida, durante a decolagem;
- **Declividade:** inclinação que o terreno preparado (pavimento) deve dispor garantindo um rápido escoamento das águas pluviais e prejudicando o mínimo possível o rolamento da aeronave, são padronizados conforme a categoria da pista;
- **Hora-Pico:** momento em que a movimentação de determinado setor ou do todo se apresenta em sua maior intensidade. Para o projeto, não se considera como hora-pico o período em que tenha ocorrido um máximo eventual;
- **Incinerador:** equipamento imprescindível nos aeroportos que realizam o reabastecimento da comissária de aeronaves e nos aeroportos internacionais;
- **IFR:** “Instrument Flight Rules”, regras de vôo por instrumentos;
- **Infraestrutura:** (aeronáutica) o aeroporto e demais equipamentos de suporte da navegação aérea; (aeroportuária) o suporte que promove a subexistência do aeroporto;
- **Pátio:** área do aeródromo a céu aberto, destinada ao estacionamento de aeronaves com o proposto de se efetuar serviços de embarque e desembarque de passageiros, carga e descarga de bagagens, carga e correio, de reabastecimento de combustível e de outras necessidades, ou para manutenção;
- **Pax:** passageiros;
- **Pistas:** áreas que possibilitam rolamento e corrida para a decolagem, pouso, frenagem e rolamento até a parada de aeronaves;
- **Plano Diretor:** conjunto de plantas e relatórios que dispõem o desenvolvimento físico da obra, no tempo, de forma que se atenda a seus objetivos;
- **RVR:** “runway visual range”, alcance visual horizontal da pista, mede a visibilidade horizontal;

- **Zona de Parada:** “stopway”, área retangular definida sobre o solo, com o início na extremidade da pista e se estendendo na direção da decolagem, preparada adequadamente para permitir a passagem eventual da aeronave;
- **TECA:** Terminal de cargas;
- **Temperatura de Referência:** temperatura determinada para um aeródromo correspondente à média das máximas diárias do mês mais quente (aquele que tem a maior média das médias diárias);
- **TPS, TEPAx:** Terminal de passageiros;
- **Teto:** visibilidade vertical, altura das nuvens;
- **Vento:** fator importante nas operações de pouso e decolagem. Favorável quando ocorre na mesma direção, mas em sentido contrário;
- **VFR:** “Visual Flight Rules”, regras de vôo visuais;
- **Zoneamento:** atribuição de áreas para tarefas específicas tornando mais eficiente a movimentação geral e o desenvolvimento das atividades.

3. Classificações

Para o atendimento das mais diversas finalidades foram criadas várias classificações de aeroportos e/ou pistas:

3.1. Segundo a 1019

Para efeito de projeto e construção de aeródromos, deverão ser observadas as seguintes bases de correlação entre os parâmetros comprimento mínimo de pista (metros) e largura mínima (em metros):

A – 2100 e 45

B – 1500 e 45

C – 900 e 30

D – 750 e 23

E – 600 e 18

3.2. Operacional

Segundo o Anexo XIV da ICAO (5) temos:

3.2.1. Pista de Pouso por Instrumentos

Destinada a operação de aeronaves utilizando auxílios não visuais e compreendendo:

- Pista de Aproximação por Instrumentos – servida por um auxílio não visual e possuindo pelo menos orientação direcional adequada a uma aproximação reta;
- Pista de Aproximação de Precisão – CAT 1 – servida por auxílios de aproximação ILS ou GCA e auxílios visuais, destinadas a operações até uma altura de decisão de 60m (200 pés) e um RVR de até 800m (2600 pés);

- Pista de Aproximação de Precisão – CAT 2 – altura de decisão de 30m (100 pés) e um RVR de até 400m (1300 pés);
- Pista de Aproximação de Precisão – CAT 3 – não sendo aplicável altura de precisão e
 - Com auxílios visuais destinada a operar com RVR de até 200m (700 pés) – A;
 - Com auxílios visuais destinada a operar com RVR de até 50m (150 pés) – B;
 - Destinada a operar sem auxílios visuais, com radar – C.

3.2.2. Pista para Pouso sem Instrumentos

Destinada a operação de aeronaves usando procedimentos para aproximação visual.

3.3. ICAO

A partir de 1983, a classificação adotada pela ICAO tem composição alfanumérica. O Anexo XIV ("Aerodromes") estabelece quase todos os requisitos geométricos em função dessa classificação.

Tabela 1: Classificação ICAO

Código	Comprimento de pista de Referência (m)	Código	Envergadura (m)	Distância entre os bordos externos do trem Principal (m)
1	Menos de 800	A	Menos de 15	Menos de 4,5
2	800 até 1199	B	15 a 23	4,5 a 5,9
3	1200 até 1799	C	24 a 35	6,0 a 8,9
4	mais de 1800	D	36 a 51	9,0 a 14,0
		E	52 a 60	

Tabela 2: Relacionamento entre Característica da Aeronave e do Aeroporto

Característica Física do Aeroporto	Característica da Aeronave
Comprimento de Pista	Potência / Peso e Projeto da Asa
Largura de Pista	Bitola
Largura de Taxi	Bitola
"Filletts"	Base
Largura do Acostamento	Posição do motor externo
Separações	Envergadura e comprimento
Gradiente de Pista	Trem de pouso e velocidade no solo
Pontes	Peso
Pavimento	Peso e Trem de pouso
Poseções de Estacionamento	Envergadura
Superfície de Aproximação	Envergadura
Característica dos Equipamentos	Característica da Aeronave
Pontes de Embarque	Altura da Porta
Balizamento	Posição do piloto e Altura do motor
Hidrantes de Combustível	Ponto de Abastecimento
Energia Elétrica	Ponto de Alimentação
Ar Condicionado	Ponto de Alimentação
Equipamentos de Combate a Incêndio	Característica da Aeronave
Quantidade de Agente	Comprimento e Largura da Fuselagem
Número de veículos	Comprimento e Largura da Fuselagem

Tabela 3: Distribuição de Peso para Algumas Aeronaves de Transporte que operam no Brasil

Aeronave	Peso máx. de Decol. (Kgf)	Fração PBO / PMD	Faixa de Alcance (Km)
BOEING 747-200B	356000	0,49	8704
DOUGLAS DC 10-30	259460	0,47	8704
BOEING 727-200	86860	0,51	3704
BOEING 737-200	52620	0,50	2963
FOKKER F.27	11250	0,62	1296
BANDEIRANTE	5670	0,63	1296

AULA 03

1. Introdução à Mecânica de Locomoção do Avião

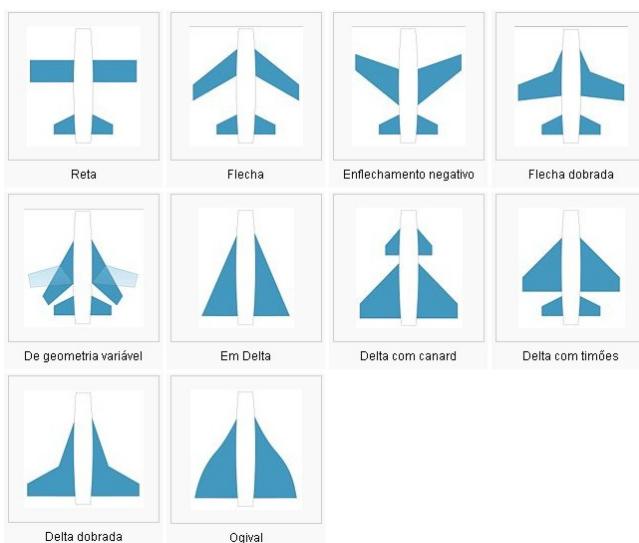
1.1. O Avião

O avião é um veículo que voa graças à força de sustentação obtida pelo efeito dinâmico das asas sobre o ar, ou seja, pela ação mútua de forças entre o ar, fluido e o avião, corpo em movimento.

1.2. Componentes

- **Asas** (fixas) que geram as forças de sustentação para o vôo.

FIGURA 3.01 – Tipos de asas.



- **Superfícies móveis** (elerões, elevadores, lemes, flapes) para controlar a atitude da aeronave.
- **Sistema propulsor** para fornecer tração ou empuxo necessário ao deslocamento no ar.

FIGURA 3.02 – Diagrama esquemático mostrando o princípio de funcionamento de um motor turbo-hélice.

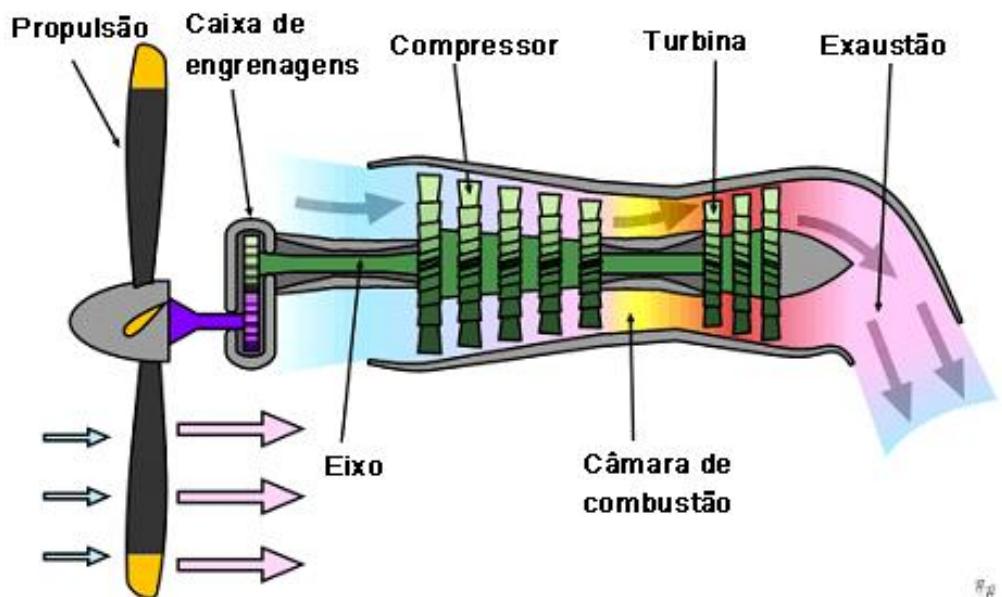
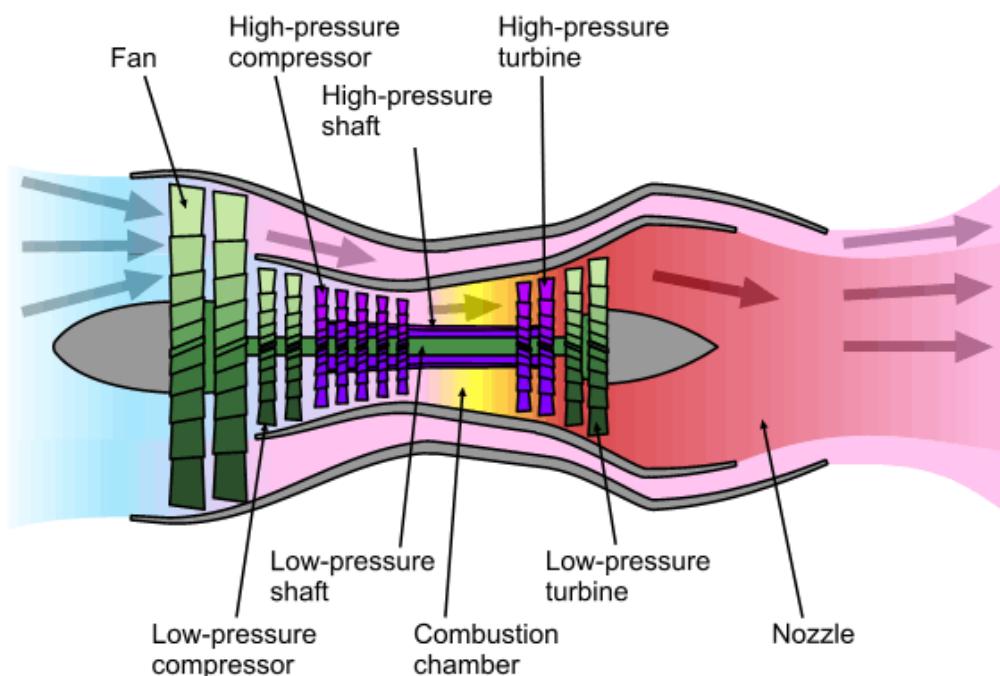


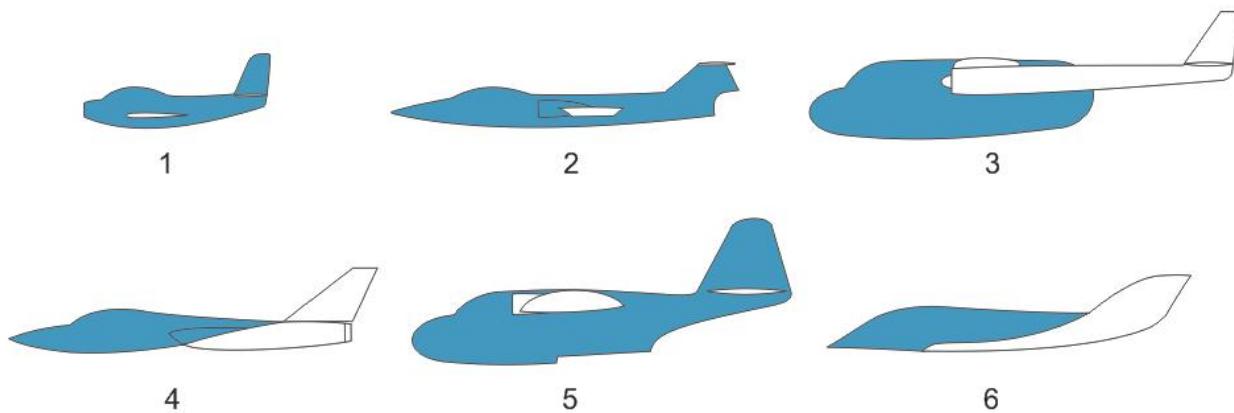
FIGURA 3.03 – Descrição do funcionamento de uma turbina Turbojato.
admissão:azul compressão:rosa combustão:amarelo escape:vermelho



- **Fuselagem:** corpo que liga estruturalmente as outras partes do avião e abriga a tripulação, carga, passageiros, sistema de controle, instrumentos e sistema de trem-de-pouso.

FIGURA 3.04 - Tipos de fuselagens

- 1 - para vôo subsônico 2 - para vôo supersônico 3 - para vôo subsônico e grande capacidade de carga
 4 - para vôo supersônico e alta capacidade de manobra 5 - Hidroavião 6 - para vôo hiperpersônico.



1.3. Noções de Mecânica de Vôo

Um Corpo imerso num fluido está sujeito a:

$$\begin{array}{l} \rightarrow \text{Forças Normais} - \text{Pressão} \\ \rightarrow \text{Forças Tangenciais} - \text{Atrito} \end{array} \left. \right\} \quad \rightarrow \text{RESULTANTE}$$

Resultante: dividida em dois componentes (admitindo-se que não haja força lateral)

- 1^a - De Sustentação → atua na direção ortogonal à da velocidade. Sustenta o avião em vôo.
- 2^a - De Arrasto → em direção paralela à velocidade. Deve ser vencida pela tração dos motores.

1.3.1. Aerofólios

- Partes do avião destinadas a produzir sustentação (mas que geram também arrasto) como as asas, estabilizadores, hélices e outras. Tem forma achatada, alongada e perfil típico.

1.3.1.1. Forças que atuam sobre a superfície de um aerofólio

- Forças Normais:** de pressão em reação à pressão do escoamento livre.
- Forças Tangenciais:** de atrito e cisalhamento.
- Forças de Pressão:** devidas às diferenças de velocidade no dorso e no ventre do aerofólio.
 - No dorso (superfície de cima) a velocidade de escoamento é maior que a do escoamento livre, aparecendo, portanto uma Pressão Negativa.
 - No ventre a velocidade de escoamento é menor que a do escoamento livre, acarretando uma Pressão Positiva.
 - A Pressão Negativa do dorso e Positiva no ventre são responsáveis pela força de sustentação e por parte da força de arrasto (arrasto de pressão ou de forma).
 - Devido ao escoamento do ar em contato com o aerofólio aparecem as forças tangenciais.
 - O ar incidindo tangencialmente ao corpo sofre uma desaceleração na região de contato fazendo aparecer uma força.
 - Os vetores paralelos à superfície do aerofólio representam as forças de atrito por unidade de área que agem essencialmente na direção paralela ao escoamento.
- Arrasto de Atrito:** É o ar exerce uma força resultante na asa do avião para cima, deve a asa, portanto, provocar um efeito igual e contrário no ar.

FIGURA 3.05 – Escoamento.

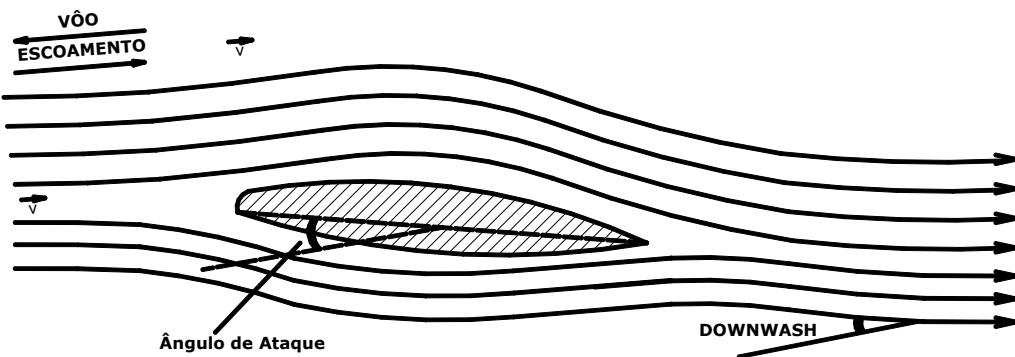


FIGURA 3.06 – Esforços.

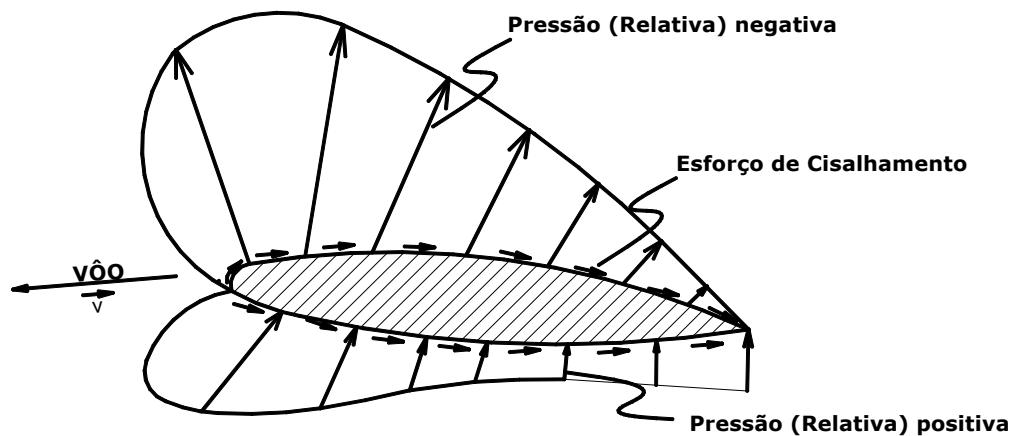
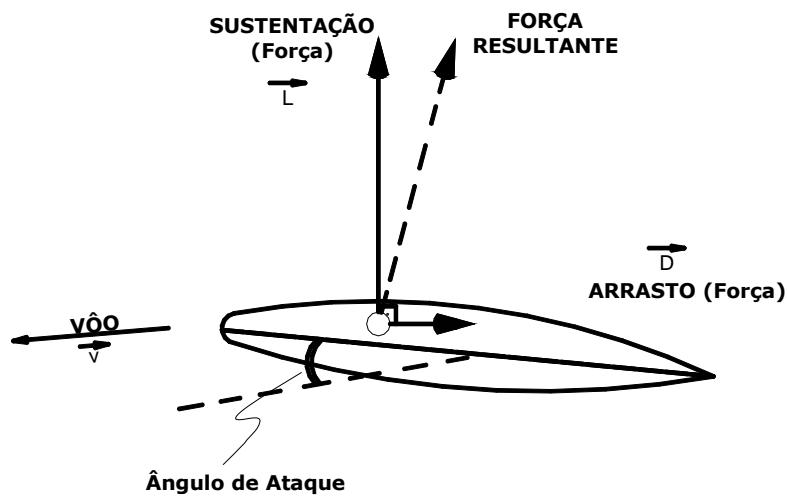


FIGURA 3.07 - Forças de Sustentação e Arrasto.



Nota: Unicamente no caso particular do vôo em nível, ter-se a o escoamento e o arrasto na horizontal e a sustentação na vertical. Vôo em nível não implica forçosamente corda na horizontal ou qualquer outra atitude particular da aeronave.

1.3.1.2. Elementos do Aerofólio e do Seu Perfil

- **Velocidade Aerodinâmica:** é a velocidade de escoamento do ar em relação ao aerofólio, fora da zona de perturbação por ele causada.
- **Corda Geométrica:** linha de referência do perfil. Medida da largura do aerofólio.
- **Ângulo de Ataque:** ângulo entre a corda e a velocidade aerodinâmica.
- **Área ou Superfície Alar:** é a área em projeção no plano das cordas, que é usado como referência.
- **Alongamento:** é a medida da forma do aerofólio no plano das cordas. É dado por:

$$A = \frac{(\text{Envergadura})^2}{\text{Superfície alar}}$$

$$A = \frac{\text{Envergadura}}{\text{Corda}} \quad (\text{p/ asa retangular})$$

- **Perfil:** é a forma da seção transversal do aerofólio na direção do escoamento e em plano perpendicular ao plano das cordas. Assim, as características de sustentação e arrasto dependem fundamentalmente do Perfil. (ver figura 3)

1.3.1.3. Quantidade das Forças que Atuam em um Aerofólio

$$C_L = \frac{L}{q.s} \quad C_D = \frac{D}{q.s}$$

CL: Coeficiente de Sustentação (adimensional)

CD: Coeficiente de Arrasto (adimensional)

L: Sustentação (força)

D: Arrasto (força)

q: Pressão Aerodinâmica $= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$

s: Área de referência. Para as asas \rightarrow Superfície alar.

Então:

$$L = C_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot s \quad \rho : \text{Massa específica do ar (massa / volume)}$$

$$D = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot s \quad v: \text{Velocidade aerodinâmica (velocidade)}$$

No Sistema MKS:

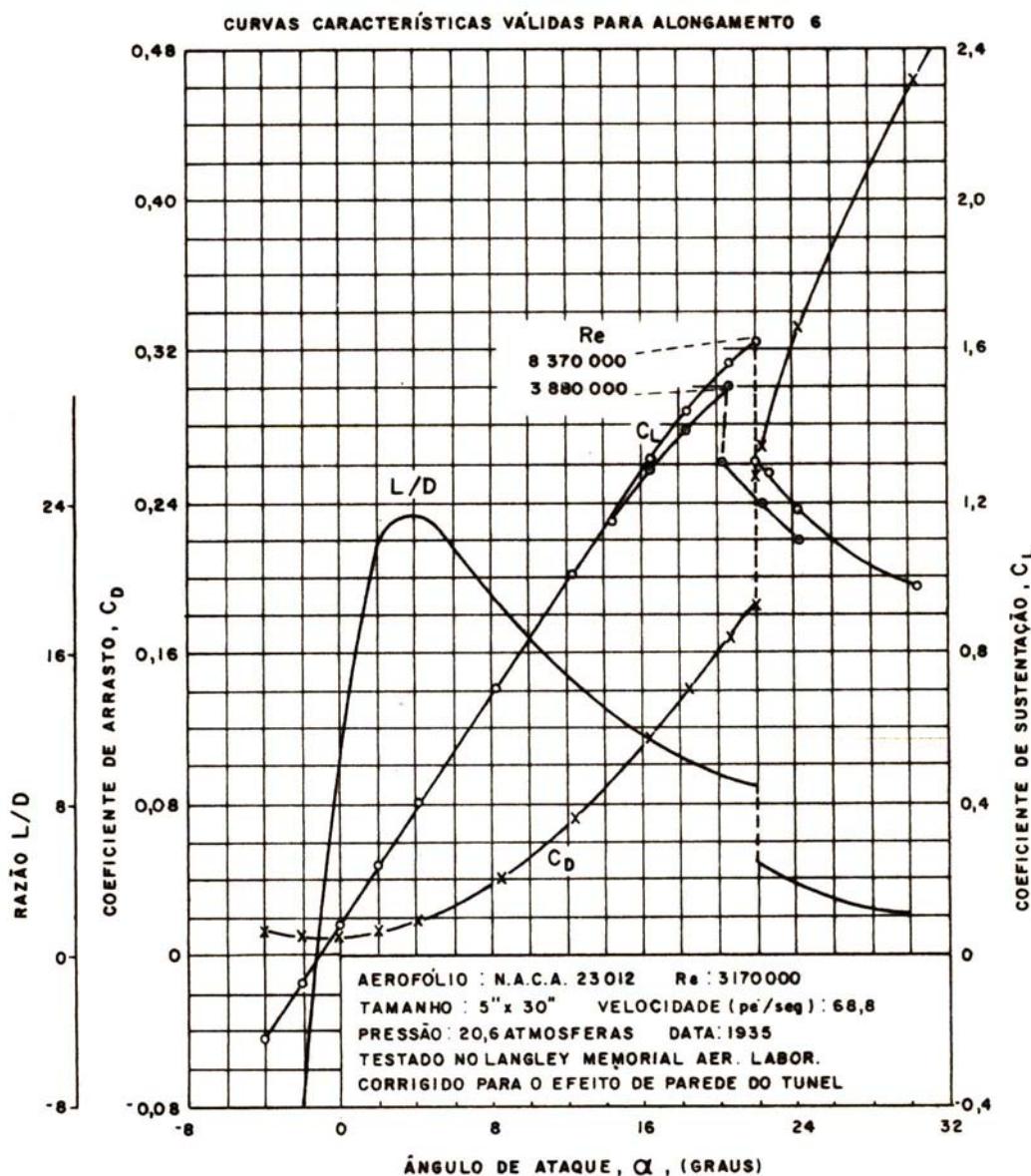
D,L	em	Kgf
S	em	m^2
V	em	m/s
P	em	$Kgf.m^{-1}.s^2$ (UTM / m^3)

No Sistema Internacional – SI

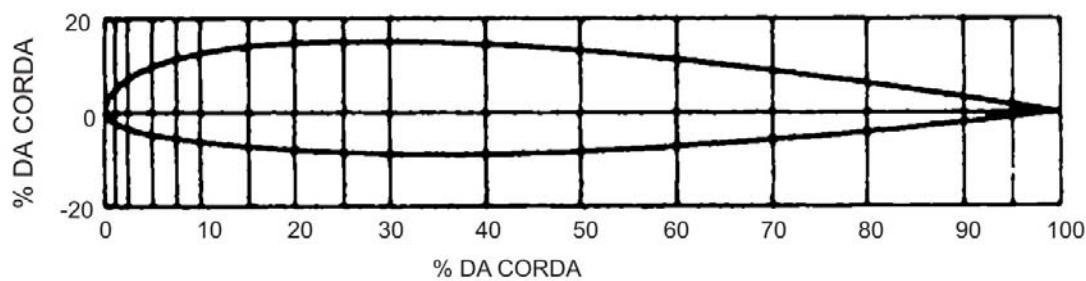
D,L	em	N
S	em	m^2
V	em	m/s
P	em	Kg/m^3

As curvas características dos perfis são obtidas experimentalmente e podem ainda ser dadas para um determinado alongamento (A). São apresentadas como na Figura 3.08.

FIGURA 3.08

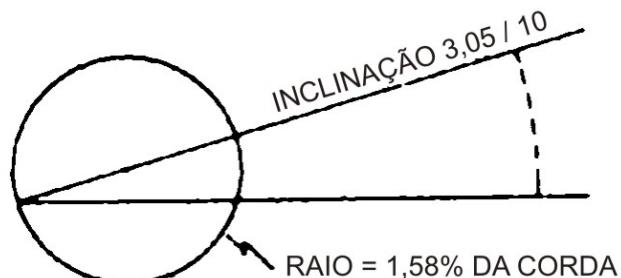


COORDENADAS EM % DA CORDA E DESENHO DO PERFIL N.A.C.A. 23012



CORDA	DORSO	VENTRE
0,0	-	0,00
1,3	2,67	-1,23
2,5	3,61	-1,71
5,0	4,91	-2,26
7,5	5,80	-2,61
10,0	6,43	-2,92
15,0	7,19	-3,50
20,0	7,50	-3,97
25,0	7,60	-4,28
30,0	7,55	-4,46
40,0	7,14	-4,48
50,0	6,41	-4,17
60,0	5,47	-3,67
70,0	4,36	-3,00
80,0	3,08	-2,16
90,0	1,68	-1,23
95,0	0,92	-0,70
100,0	-0,13	(-0,13)
100,0	-	0,00

DETALHE DO BORDO DE ATAQUE



ADAPTADO DO REPORT Nº 669 DA NATIONAL ADVISORY COMMITTEE FOR AERONAUTIC, N.A.C.A., U.S.A.

Pode-se também expressar o coeficiente CD em função do CL na curva conhecida como **Polar do Perfil**, na qual se tira o maior valor da relação CL / CD e o respectivo ângulo de ataque.

1.3.2. Forças que Atuam no Avião

Apesar da sustentação ser produzida pelas asas, todo avião sofre arrasto.

Arrasto Total = Asas + Fuselagem + Lemes + Estabilizadores + Trem-de-pouso

O que se deseja é um coeficiente de arrasto associado a uma superfície de referência, de modo que as expressões para o arrasto sejam:

$$D = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot C_D \cdot S_R$$

CD: Coeficiente de arrasto dado em função de determinada superfície de referência.

SR: Superfície usada como referência.

1.3.2.1. Eficiência Aerodinâmica

Parâmetro de grande importância para expressar o desempenho aerodinâmico do avião, ou também chamada de *Razão Sustentação / Arrasto*.

$$E = \frac{L_{asa}}{D_{total}} = \frac{C_{L,asa}}{C_{D,total}} \quad \text{ou simplesmente} \quad E = \frac{C_L}{C_D}$$

A eficiência aerodinâmica de um determinado avião depende do N° de Reynolds (*Rey*) e de Mach (*M*). Para *Rey* e *Mash* constantes será em função do ângulo de ataque.

Nos **aviões subsônicos** a eficiência máxima está tipicamente entre **10 e 25**, enquanto que nos aviões supersônicos é da ordem de **5 a 10**.

1.3.2.2. Força de Tração e Potênciia Necessária ao Vôo

O grupo *Moto-Propulsor* fornece a força para acelerar o avião e mantê-lo em vôo, contrariando o arrasto. Nos motores o pistão costuma dar potência em HP, para os *Turbo-Hélices* em HP equivalentes, enquanto que nos *Turbo-Jatos* e *Turbo-Fans* não se fala em potência, mas sim em tração (força).

A potência média necessária para o vôo é dada pela seguinte expressão:

$$\textbf{Potência} = \textbf{Força de Tração} \times \textbf{Velocidade Aerodinâmica}$$

Para o vôo retilíneo em nível com a velocidade constante, como já foi mostrado, a tração deve ser igual ao arrasto e a potência será:

$$\mathbf{P} = \mathbf{D.V}$$

FIGURA 3.09a – Forças: Vôo não acelerado, em um plano horizontal (ou em nível) (supondo-se que não haja forças laterais).

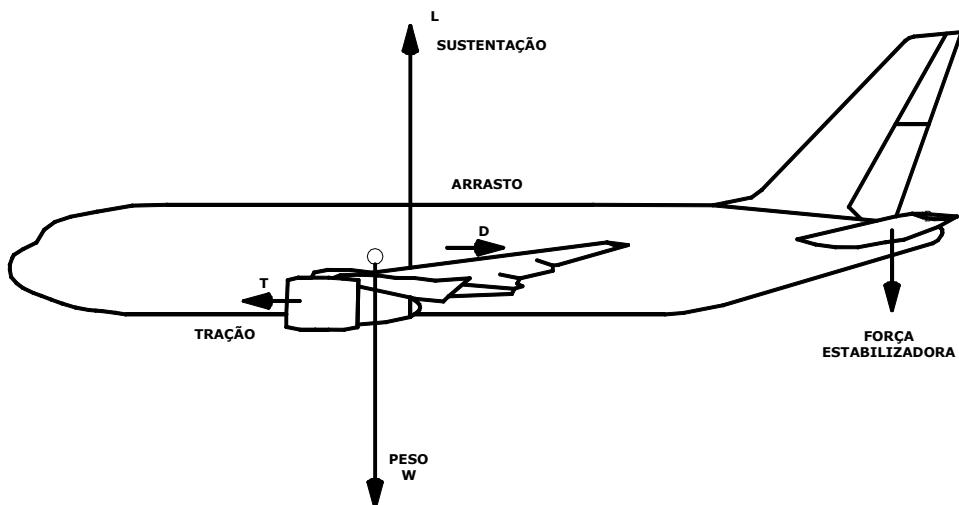
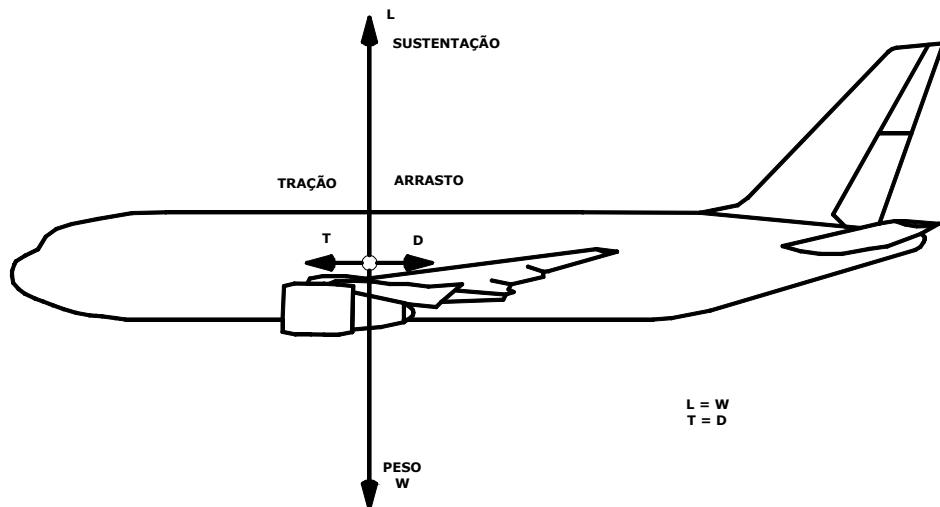


FIGURA 3.09b



1.3.2.3. Estol

Avião em velocidade mínima → ângulo de ataque grande → **CL** máximo.

- O avião voando com **CLmáx** tem um aumento do ângulo de ataque (*proporcional ou acidental*).
- Com o ângulo de ataque maior que **2 x CLmáx** há uma perda de sustentação e o avião começa a cair.

- Pelo fato do avião ter o centro de massa convenientemente localizado e pelas forças de arrasto nessa situação aplicados atrás do centro de massa, durante a queda apontará o nariz para baixo.
- Adquire assim, situação de vôo descendente com ângulo de ataque menor que **CL_{máx}** e poderá gradativamente voltar ao vôo em nível.
- Para recuperar a condição de vôo perde-se altura, que depende das características do avião e é geralmente significativa. Deve-se evitar o estol nos vôos normais.

AULA 04

1. Dimensionamento do Comprimento De Pista

1.1. Comprimento de Pista

- Iniciada a decolagem, abortar e parar com segurança;
- Completar a decolagem e iniciar a subida, também com segurança.

Observar as figuras 4.01 e 4.02.

FIGURA 4.01 – Decolagem com falha de 1 motor em V1.

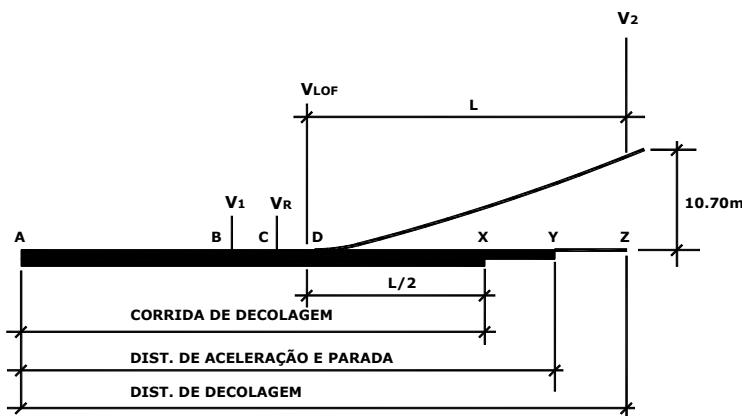
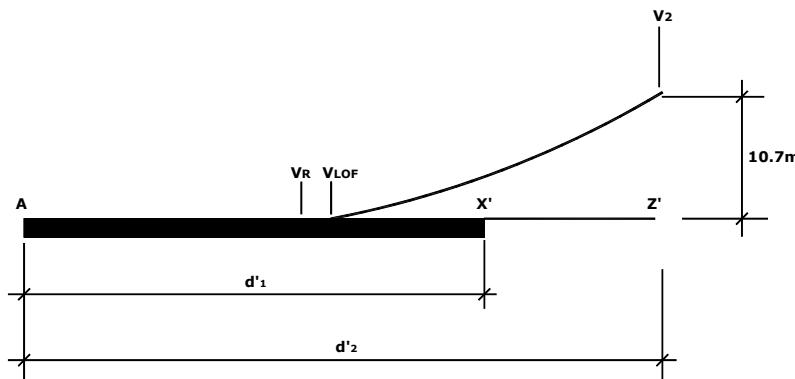


FIGURA 4.02 – Decolagem com todos os motores (sem falha).



1. Estando o avião parado na cabeceira da pista, ponto A, o piloto imprime toda a potência aos motores e o avião inicia a corrida de decolagem.
2. Se uma falha de um motor com perda súbita e total de potência for identificada pelo piloto exatamente ao atingir a velocidade de decisão V1, deve ele escolher uma dentre as duas alternativas: interromper ou continuar a decolagem.
 - o Se o piloto decidir frear, o avião correrá na pista até parar no ponto Y. A distância AY é chamada de "distância de aceleração e parada".

- o Se decidir continuar a decolagem com um motor inoperante, a avião acelerará até atingir a velocidade de rotação, VR (ponto C) com a qual é possível erguer o nariz da aeronave aumentando o ângulo de ataque e ao alcançar a velocidade de decolagem, VLOF e iniciar o vôo, ponto D, vindo a passar sobre o ponto Z com uma altura de 10,70m e velocidade igual ou maior que V2. A distância AZ é chamada "distância de decolagem".
- 3.** Se a falha de um motor ocorrer antes da velocidade V1 o piloto interromperá a decolagem aplicando os dispositivos de frenagem vindos a parar antes do ponto Y. A decolagem deve ser abortada porque a velocidade é insuficiente e não há condições de aceleração com a potência reduzida.
- 4.** Se a falha ocorrer depois de atingida a velocidade V1, a decolagem deverá prosseguir e o avião sobrevoará o ponto Z com uma altura maior que 10,70m. A decolagem deve continuar uma vez que o avião adquiriu velocidade suficiente e que seria difícil ou até impossível parar na distância disponível.
- 5.** Se, como se dá normalmente, não ocorrer falha de motor, o avião correrá até atingir VR, VLOF e V2, decolando. Quando não há falha as distâncias para alcançar VR < VLOF e V2 são menores do que no caso de falha de um motor.

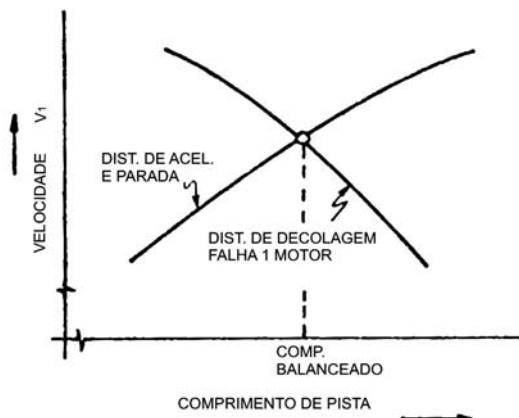
1.2. Definições

- **V1 - Velocidade de decisão:** velocidade escolhida pelo operador à qual admite-se que, ao ser reconhecida pelo piloto uma perda súbita e total de potência de uma unidade motopropulsora, é possível frear o avião ou continuar a decolagem sem o motor crítico.
- **VR - Velocidade de rotação:** velocidade à qual o piloto inicia a rotação da aeronave, levantando o nariz, tirando do chão as rodas do nariz.
- **VLOF - Velocidade para deixar o solo ou de decolagem:** velocidade à qual se tira o avião da pista, isto é, inicia o Vôo propriamente dito sustentando-se no ar. (lift-off speed).
- **V2 - Velocidade de subida:** velocidade mínima com a qual o piloto pode dar início à subida depois de ter passado a 10,70m de altura sobre a superfície da pista durante uma decolagem com um motor inoperante.
 - o Esta deve ser mantida até que o avião chegue a uma altura de 122 m (400 pés).

Num diagrama típico de velocidades na decolagem, entra-se com a pressão, temperatura e peso bruto de decolagem e tira-se VR, V2 e V1/VR.

1.3. Comprimento de Pista Balanceada

FIGURA 4.03 – Comprimento de Pista Balanceada.



- Quando Y e Z são coincidentes tem-se o comprimento de pista balanceada com falha de um motor.

> V₁ > distância de aceleração e parada.

< V₁ < distância de decolagem.

V₁ ou V₁/VR dado no manual da aeronave. Fornece o comprimento de pista balanceado.

1.3.1. Decolagem sem Falha

- Com todos os motores funcionando.
- Corrida de decolagem é definida como 115% da distância para atingir VLOF.

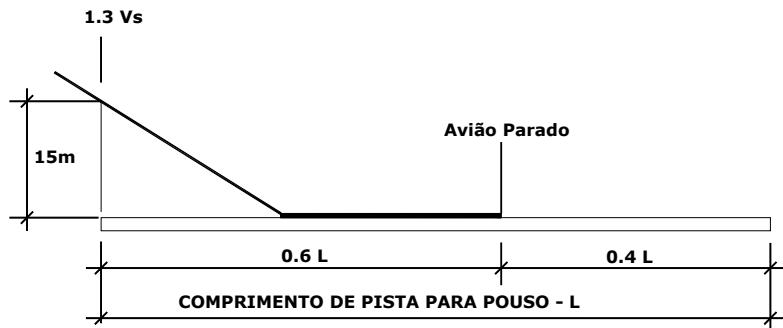
1.3.2. Conclusões

- O comprimento de pista de decolagem é o maior dentre:
 - Comprimento balanceado de pista
 - 115 % da distância de decolagem com todos os motores.
- A corrida de decolagem é a maior dentre:
 - Distância para atingir VLOF, com falha em V₁
 - 115 % da distância para atingir VLOF sem falha.

1.4. Comprimento da Pista para Pouso

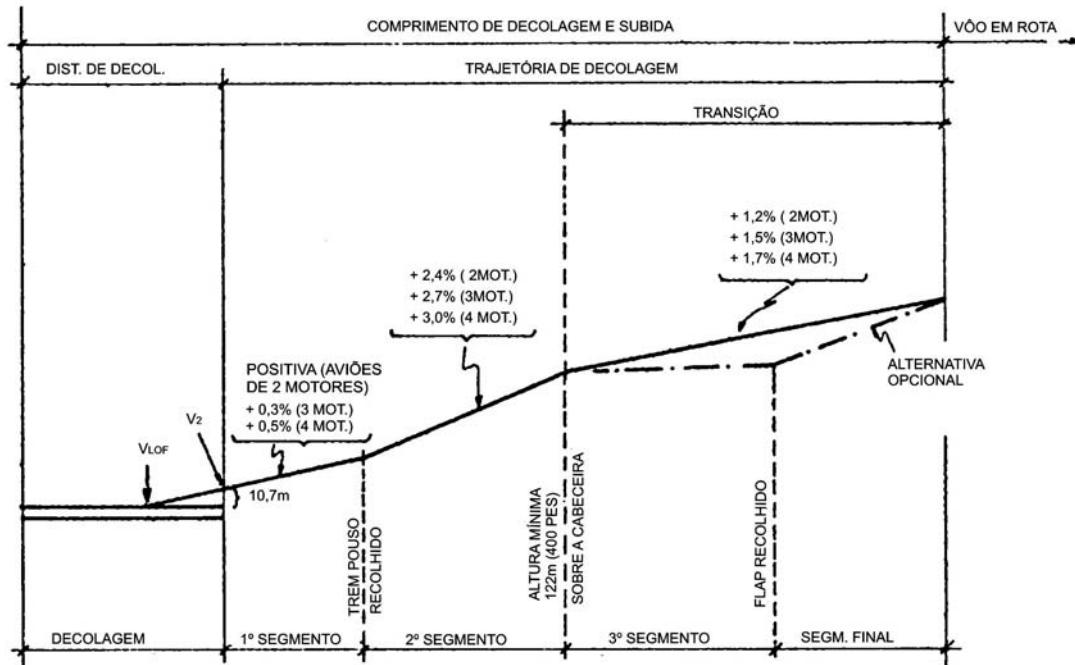
- O avião sobrevoa a cabeceira da pista passando à altura de 15m, com velocidade constante igual a 1,3VS (1,3 velocidade de estol) para as condições de pouso.

- O comprimento da pista para pouso é tal que a aeronave nestas condições pouse e pare em 60 % do comprimento de pista disponível para pouso.

FIGURA 4.04 – Comprimento de pista para o pouso.

É dado pelos manuais: depende do estado da superfície da pista, do peso bruto máximo para pouso, da pressão e temperatura do ar na pista, da posição dos flaps e funcionamento de certos dispositivos de frenagem.

1.5. Procedimento de Subida

FIGURA 4.05 – Procedimento de Subida

2. Determinação do Comprimento de Pista Necessário – Desempenho na Decolagem

2.1. Determinantes do Comprimento de Pista

Características do avião:

- Capacidade de aceleração
 - > relação potência peso < comprimento
- Capacidade de alçar vôo

Carga alar = relação área da asa por unidade de peso

 - > carga alar < comprimento
- Capacidade de frenagem depois de atingir determinada velocidade e a resistência dos pneus
 - > capacidade Frenagem < comprimento

Tendo-se:

Um determinado avião e uma determinada pista “efetivamente” construída:

- Qual é o máximo peso bruto que pode ter o avião para decolar?
- A pista é suficiente para se decolar com determinado peso bruto?

Respostas: nos ábacos de desempenho do manual de operação da aeronave.

O comprimento de pista necessário para a decolagem depende:

- Do avião;
- Da operação:
 - Do peso bruto de decolagem;
 - Das condições operacionais específicas como posição dos flaps, tipo de pneu, V1...
- Da pista:
 - Declividade da pista;
 - Condições de atrito do pavimento.
- Das condições atmosféricas;
 - Altitude (pressão) do aeródromo;
 - Temperatura do ar externo;
 - Vento: direção e intensidade.

Observar figura 2: são gráficos publicados nos manuais tipo “Airport planning”.

Considera-se:

- Pista em nível;

- Vento zero;
- Usa-se: atmosfera-padrão.

$$t_n = (15 - 0,0065 h) \text{ (graus centígrados)}$$

t_n = temperatura na altitude h em grau centígrado

h = altitude em m.

2.2. Fatores que Determinam o Comprimento de Pista para Decolagem

- O avião e sua operação
 - Área alar, forma, superfície, volumes e potência das turbinas etc;
 - Peso bruto de decolagem.
- Pressão (Altitude)
 $<$ pressão do ar $>$ altitude $<$ densidade do ar

A densidade do ar afeta o desempenho aeronáutico da aeronave e o desempenho dos motores.

- Temperatura

Afeta a densidade do ar e o rendimento térmico dos motores.

- Vento

A direção do vento faz um certo ângulo com a pista.

- 2 componentes do vento: paralela e transversal.
- Componente transversal (de través): é prejudicial.
- Componente longitudinal:
 - Auxilia a operação: quando se opera contra o vento.
 - Prejudica a operação: quando se opera a favor do vento, requer maior comprimento de pista.

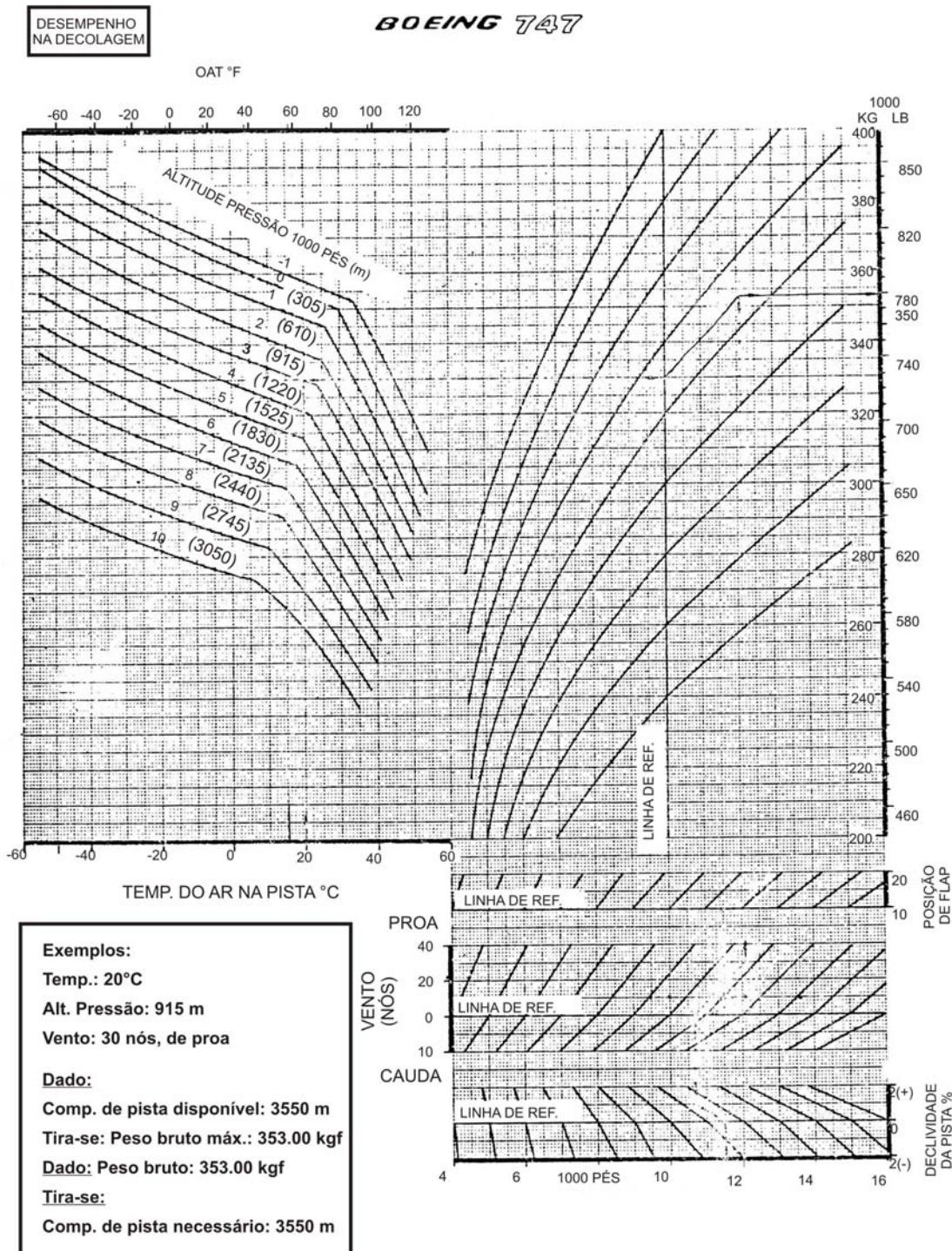
- Declividade:

Declividade longitudinal de grandes aeródromos: até 1,5%.

2.3. Comprimento de Pista a Ser Construído

O projetista deve trabalhar com as condições “médias” ou as “menos” favoráveis.

- **Temperatura de referência do aeródromo:** Média mensal das temperaturas máximas diárias do mês mais quente do ano (aquele que tem a maior média mensal), feita para um período de vários anos.
- **Altitude:** do ponto mais alto da área de pouso.
- **Vento:** condições menos favoráveis que é o vento nulo.
- **Declividade:** condições menos favoráveis = operação em subida.

FIGURA 4.06 – Desempenho na Decolagem

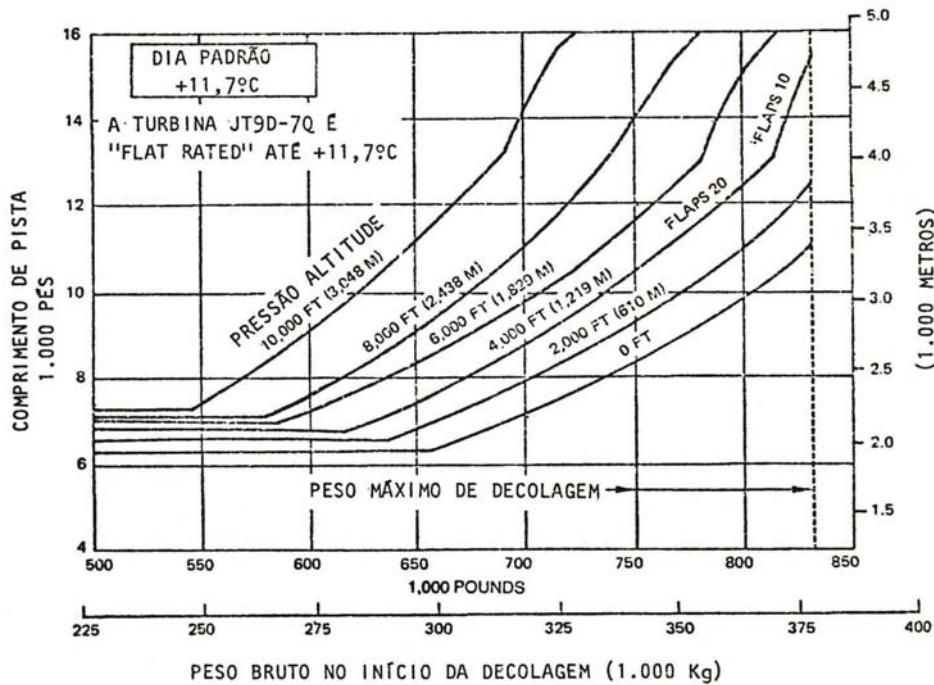
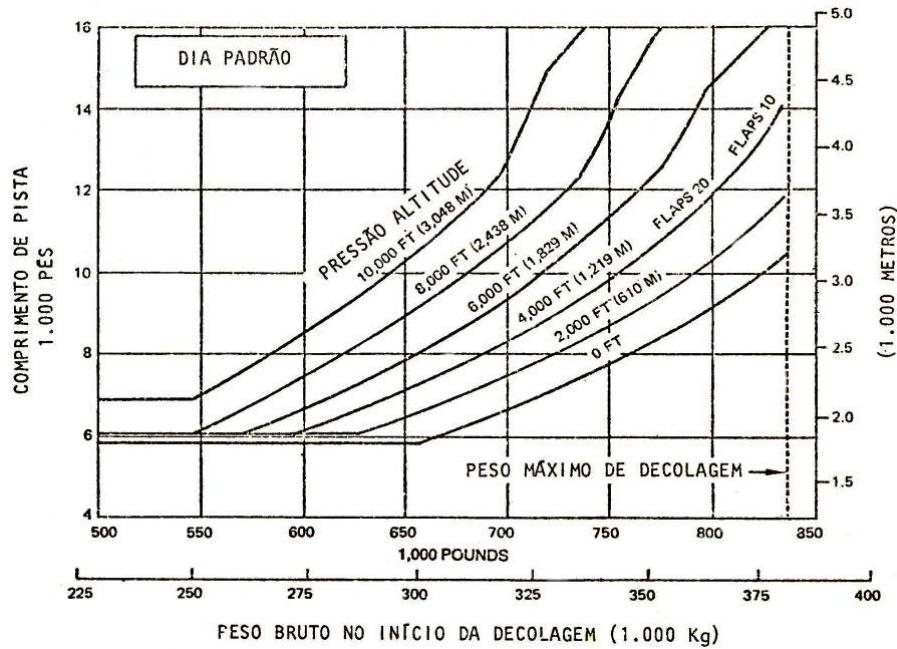
Trata-se de um ábaco tirado do manual de operações da aeronave.

- Informações necessárias:
 - Temperatura de referência do local

- Altitude geométrica
- Declividade média da pista
- Entrada:
 - Peso bruto do avião (geralmente o máximo de decolagem)
- Saída:
 - Comprimento de pista necessário.

FIGURA 4.07 – Decolagem: Comprimento de Pista Necessário (F.A.R) BOEING 747-200 (JT9D-70)

Nota: Condicionamento de Ar Desligados, Pista em Nível e Vento Zero.



3. Fatores de Correção (segundo ICAO)

Adotado quando os dados de entrada não são adequadamente retratados pelo ábaco disponível.

- Correção para altitude (fa)

Adoção de um fator de acréscimo do comprimento de pista de decolagem de 7% para cada 300m de elevação.

- Correção para a temperatura (ft)

Adoção de um fator de acréscimo do comprimento de pista de decolagem de 1% para cada grau Centígrado que a temperatura de referência do local do estudo exceder a temperatura padrão do local (T).

T=15°C - 0,0065 h

h = altitude do local

- Correção para a declividade (fd)

Adoção de um fator de acréscimo do comprimento de pista de decolagem de 10% para cada 1% da declividade longitudinal da pista, obtida pela razão entre a diferença da cota máxima e cota mínima da pista pelo seu comprimento.

CORREÇÃO GLOBAL (FG)

$$FG = (1 + fa) \times (1 + ft) \times (1 + fd).$$

Quando $(1+fa) \times (1+ft)$ resultar num acréscimo do comprimento de pista de decolagem de mais de 35% realizar um estudo especial.

4. Nomenclatura Conhecida

- **Distância de decolagem – TODA:**

A partir da imobilidade até atingir 10,7 m de altura, com falha de um motor 115% dela – sem falha

- **Distância de Rolagem de decolagem – TORA:**

A partir da imobilidade até atingir o ponto médio entre vlof e o ponto V2 onde atinge 10,7m de altura- com falha de um motor 115% dela – sem falha

Também conhecida como corrida de decolagem.

- **Distância de aceleração e parada – ASDA:**

A partir de Imobilidade até a velocidade de falha de um motor, com ocorrência imediatamente antes de V1 e desacelerar a aeronave até a imobilidade novamente.

A diferença entre TODA e Tora é a extensão do CLEARWAY necessário para a operação de decolagem.

Quando ASDA > TORA, a diferença entre ASDA e TORA representa, para cada V1, a extensão do STOPWAY necessário.

5. Pistas de Pouso / Decolagem

5.1. Código de Referência do Aeródromo

O objetivo do código de preferência é proporcionar um método simples para relacionar entre si as numerosas especificações relativas às características do aeródromo, de modo a prover uma série de instalações aeroportuárias compatíveis com os aviões destinados a operar no aeródromo.

O código é composto de dois elementos que se relacionam com as características e dimensões da aeronave.

O elemento 1 é um número baseado no comprimento da pista de pouso/decolagem de referência do avião e o elemento 2 é uma letra baseada na envergadura do avião e na distância externa entre as rodas do trem de pouso principal.

CÓDIGO DE REFERÊNCIA DO AERÓDROMO

ELEMENTO 1 DO CÓDIGO		ELEMENTO 2 DO CÓDIGO		
NÚMERO DO CÓDIGO (1)	COMPRIMENTO DA PISTA DE REFERÊNCIA DO AVIÃO (2)	LETRA DO CÓDIGO (3)	ENVERGADURA (4)	MEDIDA EXTERIOR ENTRE AS RODAS DO TREM DE POUSO PRINCIPAL
1	Menos 800m	A	Até 15m (exclusive)	Até 4,5m (exclusive)
2	De 800m até 1.200m (exclusive)	B	De 15m até 24m (exclusive)	De 4,5m até 6m (exclusive)
3	De 1.200m até 1.800m (exclusive)	C	De 24m até 36m (exclusive)	De 6m até 9m (exclusive)
4	De 1.800m em diante	D	De 36m até 52m (exclusive)	De 9m até 14m (exclusive)
		E	De 52m até 65m (exclusive)	De 9m até 14m (exclusive)

5.2. Largura da Pista de Pouso / Decolagem

A largura das pistas de pouso/decolagem não deverá ser menor do que a dimensão apropriada especificadas na tabela a seguir.

NÚMERO DO CÓDIGO	LETRA DO CÓDIGO				
	A	B	C	D	E
1°	18m	18m	23m	-	-
2°	23m	23m	30m	-	-
3°	30m	30m	30m	45m	-
4°	-	-	45m	45m	45m

* A largura das pistas de aproximação de precisão não deverá ser menor do que 30m, quando o numero do código for 1 ou 2.

AULA 05

1. Configuração Do Aeroporto

A configuração do aeroporto depende da forma e do tamanho e do sítio disponível bem como de algumas considerações operacionais.

- Configuração de Pistas de Pouso e Decolagem
 - Orientação
 - Quantidade
- Pistas de Táxi
 - Pistas de táxi-saída
 - Pátios de espera
 - Evolução do sistema de pistas de táxi
- Localização do Pátio de Aeronaves / Área Terminal
- Terminal de passageiros
- Modo de estacionamento de aeronaves
- Terminal de Carga
- Instalações de Apoio

1.1. Configuração de Pistas de Pouso:

1.1.1. Objetivos do Planejamento

- Segurança nas operações de aeronaves
 - Separação adequada do tráfego aéreo
 - Condição para livrar obstáculos
 - Provisão de pista para vento de través
- Pouca interferência e atraso nas operações de aeronaves
- Minimizar movimentos de terra (custos de construção)
- Evitar sobrevôo de áreas sensíveis ao ruído

1.2. Orientação de Pistas

As pistas devem ser orientadas de modo que as aeronaves possam poussar pelo menos 95% do tempo com componente de vento de través menor ou igual a:

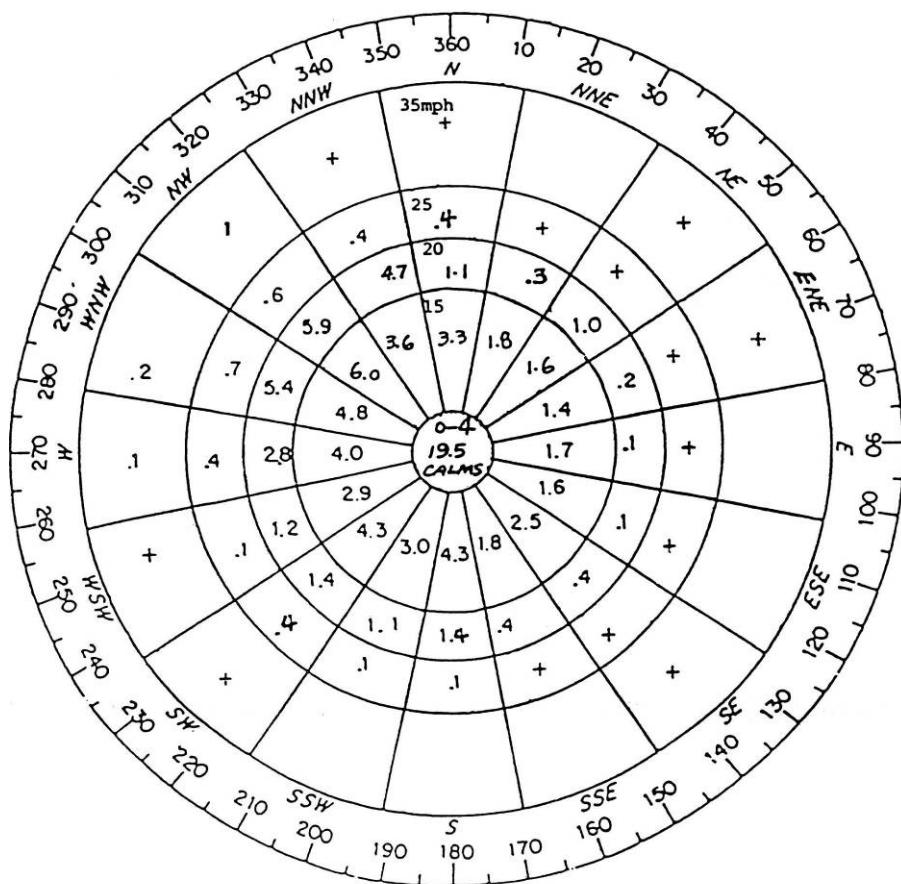
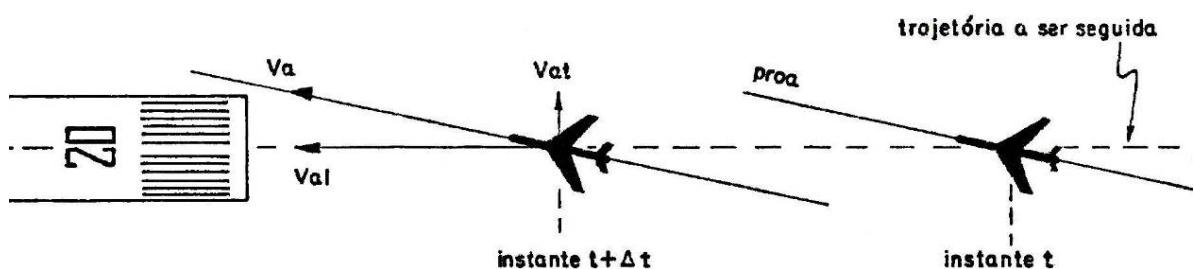
Comprimento de Referência da Pista	Componente de Vento de través permitido
> 1.500 m	20 nós
1.200 a 1.499 m	13 nós
< 1.200 m	10 nós

1.2.1. Determinação Gráfica da Orientação da Pista

1. Obter os dados de vento (de pelo menos 5 anos);
2. Analisar e agrupar os dados por direção e velocidade;
3. Marcar as porcentagens de vento no setor apropriado na Rosa dos Ventos;
4. Traçar numa tira transparente 3 retas paralelas eqüidistantes, na mesma escala da Rosa de Ventos;
5. Colocar a tira transparente sobre a Rosa dos Ventos de forma que a linha paralela mediana passe pelo seu centro;
6. Observar, girando a tira transparente, a direção para a qual a soma das porcentagens fora das linhas externas corresponda a um mínimo;
7. Ler a orientação da pista, na escala externa da Rosa dos Ventos, indicada pela linha central da tira transparente;
8. Ajustar a orientação à declinação magnética, a fim de obter o rumo correto da pista;
9. Se a porcentagem obtida no “passo nº 6” for maior que 5%, determinar a orientação da pista para vento de través (pista secundária) do mesmo modo, com exceção de que deverá ser observada nesse caso a soma das porcentagens de vento que ficarem fora das paralelas que definiram a 1ª orientação e das que definirem a 2ª orientação da pista.

PERCENTAGE OF WINDS

WIND DIRECTION	0-4 mph	4-15 mph	15-20 mph	20-25 mph	25-35 mph	Total
CALMS	19.5	-	-	-	-	19.5
N	-	3.3	1.1	0.4	+	4.8
NNE	-	1.8	0.3	+	-	2.2
NE	-	1.6	1.0	+	+	2.7
ENE	-	1.4	0.2	+	+	1.7
ENE	-	1.7	0.1	+	-	1.8
ESSE	-	1.6	0.1	+	-	1.8
SE	-	2.5	0.4	+	+	3.0
SSE	-	1.8	0.4	+	-	2.2
S	-	4.3	1.4	0.1	-	5.8
SSW	-	3.0	1.1	0.1	+	4.3
SW	-	4.3	1.4	0.4	+	6.1
WSW	-	2.9	1.2	0.1	+	4.3
W	-	4.0	2.8	0.4	0.1	7.3
WNW	-	4.8	5.4	0.7	0.2	11.1
NW	-	6.0	5.9	0.6	0.1	12.6
NNW	-	3.6	4.7	0.4	+	8.8
Total	19.5	48.6	27.5	3.6	0.8	100.0

FIGURA 5.01**FIGURA 5.02 – Efeitos do Vento na Aproximação e Pouso.****LEGENDA:**

V_v = velocidade do vento

V_{vt} = componente transversal do vento (perpendicular ao eixo da pista)

V_{vl} = componente longitudinal do vento

V_a = velocidade aerodinâmica do avião

V_{at} = componente transversal da velocidade do avião

V_{al} = componente longitudinal da velocidade do avião

V_{as} solo = velocidade do avião em relação ao solo = $V_{al} - V_{vl}$

FIGURA 5.03 – Trajetória Obtida se a Proa Coincidir com o Prolongamento do Eixo da Pista.

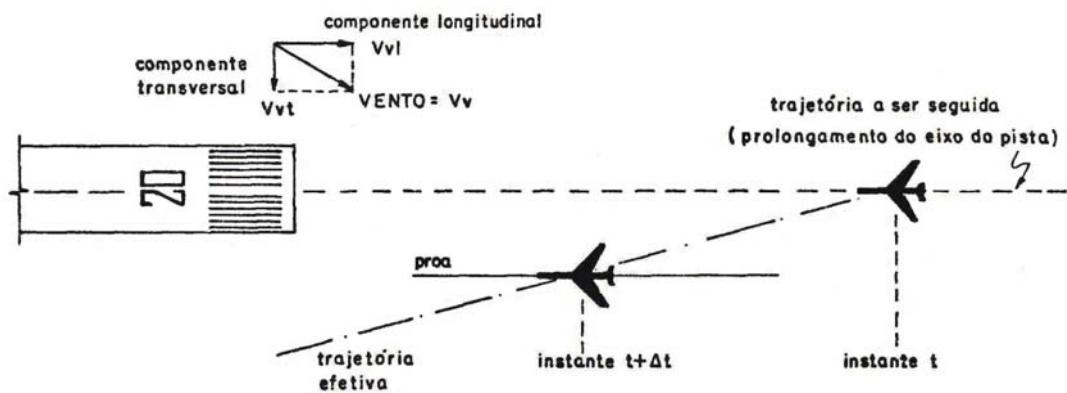
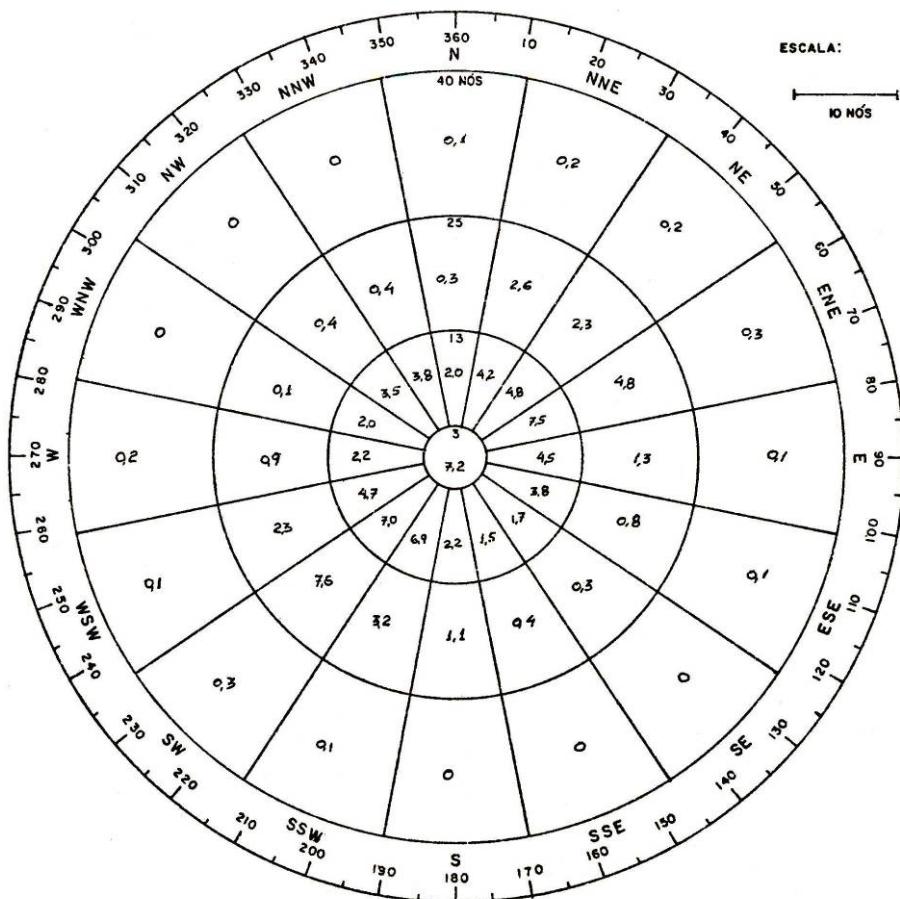


FIGURA 5.04 – Anemograma do Local A (Tabela Abaixo)



DIREÇÃO DO VENTO	PORCENTAGEM DE VENTOS			
	0 - 3 nós	3 - 13 nós	13 - 25 nós	25 - 40 nós
N	2,0 4,2 4,8 7,5 4,5 3,8 1,7 1,5 2,2 6,9 7,0 4,7 2,2 2,0 3,5 3,8	0,3	0,1	
NNE		2,6	0,2	
NE		2,3	0,2	
ENE		4,8	0,3	
ENE		1,3	0,1	
ESSE		0,8	0,1	
SE		0,3	-	
SSE		0,4	-	
S		1,1	-	
SSW		3,2	0,1	
SW		7,6	0,3	
WSW		2,3	0,1	
W		0,9	0,2	
WNW		0,1	-	
NW		0,4	-	
NNW		0,4	-	
TOTAIS	7,2	62,3	28,8	1,7

FIGURA 5.05 – Decomposição Vetorial dos Ventos no Anemograma.

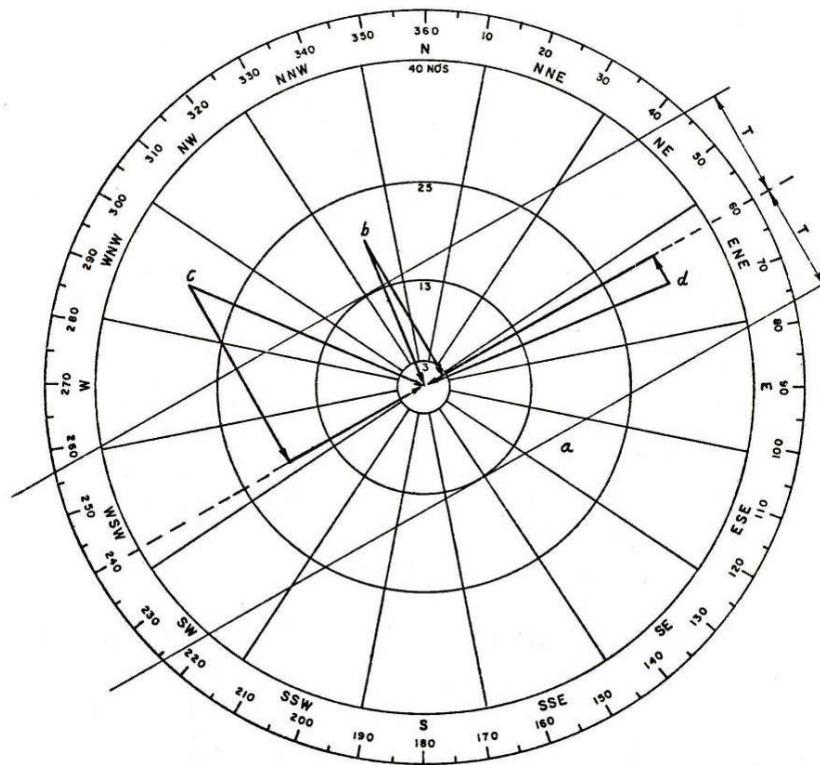
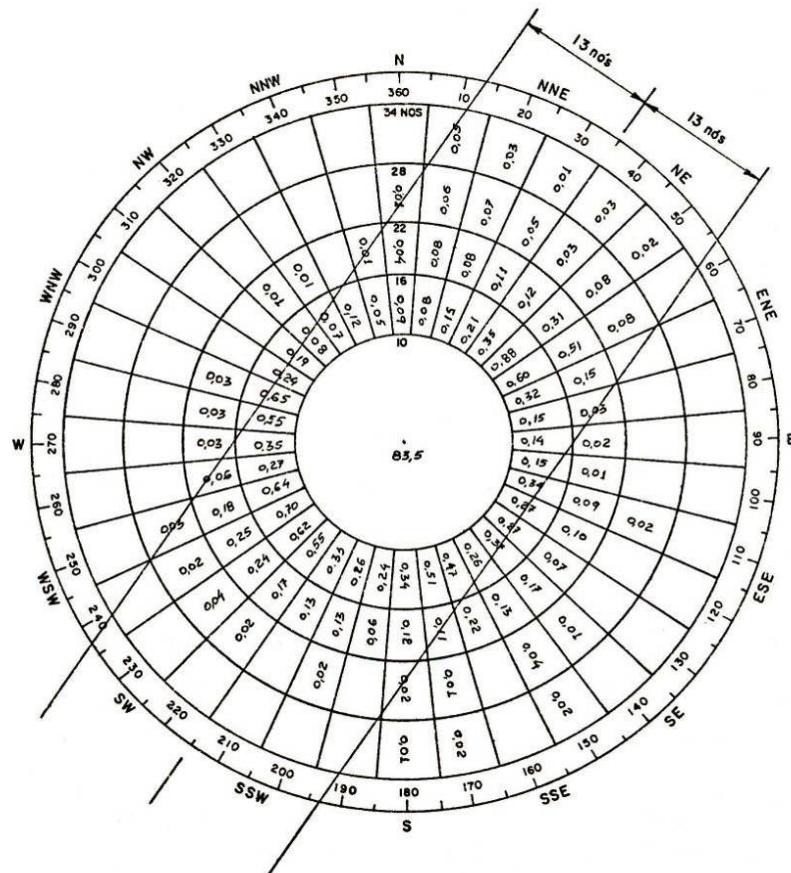


FIGURA 5.06 – Anemograma com Escolha de Direção de Pista.



Dados: Local B (Tabela 3)

Componente transversal admissível: 13 nós

Resultado: Direção escolhida 35° - 205°, N.V.

Coeficiente de utilização: $\approx 97,6\%$

1.3. Quantidade de Pistas de Pouso e Decolagem

O número de pistas é função de:

- Demanda de tráfego previsto;
- Disponibilidade física do sítio aeroportuário;
- Orientação das Pistas.

1.4. Capacidades Horárias Estimadas

Configuração de Pistas	Afastamento (m)	Capacidade Horária	
		VFR	IFR
Pista única	-	50 – 100	50 – 60
Duas Paralelas			
Próximas	< 760	85 – 200	55 – 60
Intermediárias	760 – 1309	100 – 200	60 – 75
Distantes	> 1310	100 – 200	100 – 120
Duas Interceptantes (*)			
Interseção próxima	< 610	70 – 110	55 – 65
Interseção mediana	610 – 1525	55 – 105	50 – 60
Interseção distante	> 1525	50 – 100	50 – 60
Em "V" aberto			
Convergente	-	65 – 160	50 – 60
Divergente	-	70 – 170	55 – 70

(*) Distâncias a partir da cabeceira de pouso ou de decolagem

1.5. Configuração de Pistas – Comparação

- Configurações com apenas uma orientação (pistas paralelas) são as melhores em termos de capacidade e eficiência de controle de tráfego.
- Se a incidência de vento de través indica a necessidade de orientar as pistas em mais de uma direção, uma configuração em "V" aberto é mais conveniente que uma

configuração com pistas interceptantes. E, nesse caso, devem ser adotadas operações divergentes, sempre que possível.

- Quando há uma direção predominante para a operação das aeronaves e não se pode evitar o uso de uma configuração com pistas interceptantes, a interseção deve estar o mais próximo possível das cabeceiras, observando-se aquela direção predominante das operações.

1.6. Pistas de Táxi

1.6.1. Objetivos do Planejamento

- Permitir o acesso entre pistas de pouso, área terminal e áreas de serviço;
- Evitar conflitos entre aeronaves operantes distinguindo:
 - Trajetórias de táxiamento para partidas e para chegadas;
 - Áreas de manutenção e de operações de carga
- Evitar que pistas de táxi cruzem pistas de pouso;
- Minimizar o tempo de ocupação de pista de pouso nas operações de chegada.

1.6.2. Pista de Táxi-Saída

- Configuração (tipo)
 - Em ângulo reto
 - Em ângulo (40 – 45)
 - De alta velocidade (ou de saída rápida = 30°)
- Localização
 - Velocidades de aproximação e de toque
 - Velocidade de saída
 - Taxa de desaceleração da aeronave
 - Composição da frota (mix de aeronaves)
 - Técnicas de pilotagem
- Velocidades típicas de toque: 95 – 140 nós;
- Distâncias típicas de toque: 300 – 450 m;
- Velocidade de saída: 25 Km/h (saídas a 90°)
95 Km/h (saídas de 30 a 40°)

- Taxa de desaceleração: $1,25 \text{ m} / \text{s}^2 \rightarrow \text{ICAO}$

$1,50 \text{ m} / \text{s}^2 \rightarrow \text{FAA}$

- Correções para a localização da saída

a)

+ 3% para cada 300 metros de altitude acima do nível do mar

b)

+ 1,58% para cada $5,5^\circ\text{C}$ acima da temperatura padrão do aeroporto.

Nota: geralmente, considera-se um acréscimo de 100 a 150 m na distância calculada em razão da possibilidade da influência de fatores como habilidade do piloto, pavimento molhado ou condições precárias de pneus.

1.7. Pátios de Espera

- Localizam-se junto ou próximo às cabeceiras da pista para aeronaves no aguardo de autorização para decolagem e/ou para “checks” finais antes do vôo;
- Devem ser suficientemente grandes para permitir manobras de ultrapassagem e para acomodar 3 ou 4 aeronaves do tamanho mais crítico.

1.8. Evolução do Sistema de Pistas de Táxi

- Áreas de giro
- Táxi Paralelo Parcial
- Táxi Paralelo Total
- Táxi paralelo Duplo

1.9. Localização da Área Terminal / Pátio de Aeronaves

1.9.1. Objetivos de Planejamento

- Minimizar as distâncias de táxiamento do pátio para as pistas de pouso e vice-versa;
- Evitar localizações sob as trajetórias de aproximação e decolagem de aeronaves.

1.9.2. Fatores que influenciam a localização da Área Terminal

- Distâncias de táxiamento
- Acesso viário ao aeroporto
- Potencial de expansão
- Proximidade com outras instalações

- De carga
- De manutenção de aeronaves
- De apoio
- Topografia
 - Zonas de proteção desimpedidas
 - Adequabilidade para construção (custos)

1.9.3. Localização de Instalações da Área Terminal

- **Pista única**

Devem estar eqüidistantes das cabeceiras. Podem estar mais próximas de uma das cabeceiras quando há uma direção predominante de operação das aeronaves.

- **Duas Pistas Paralelas**

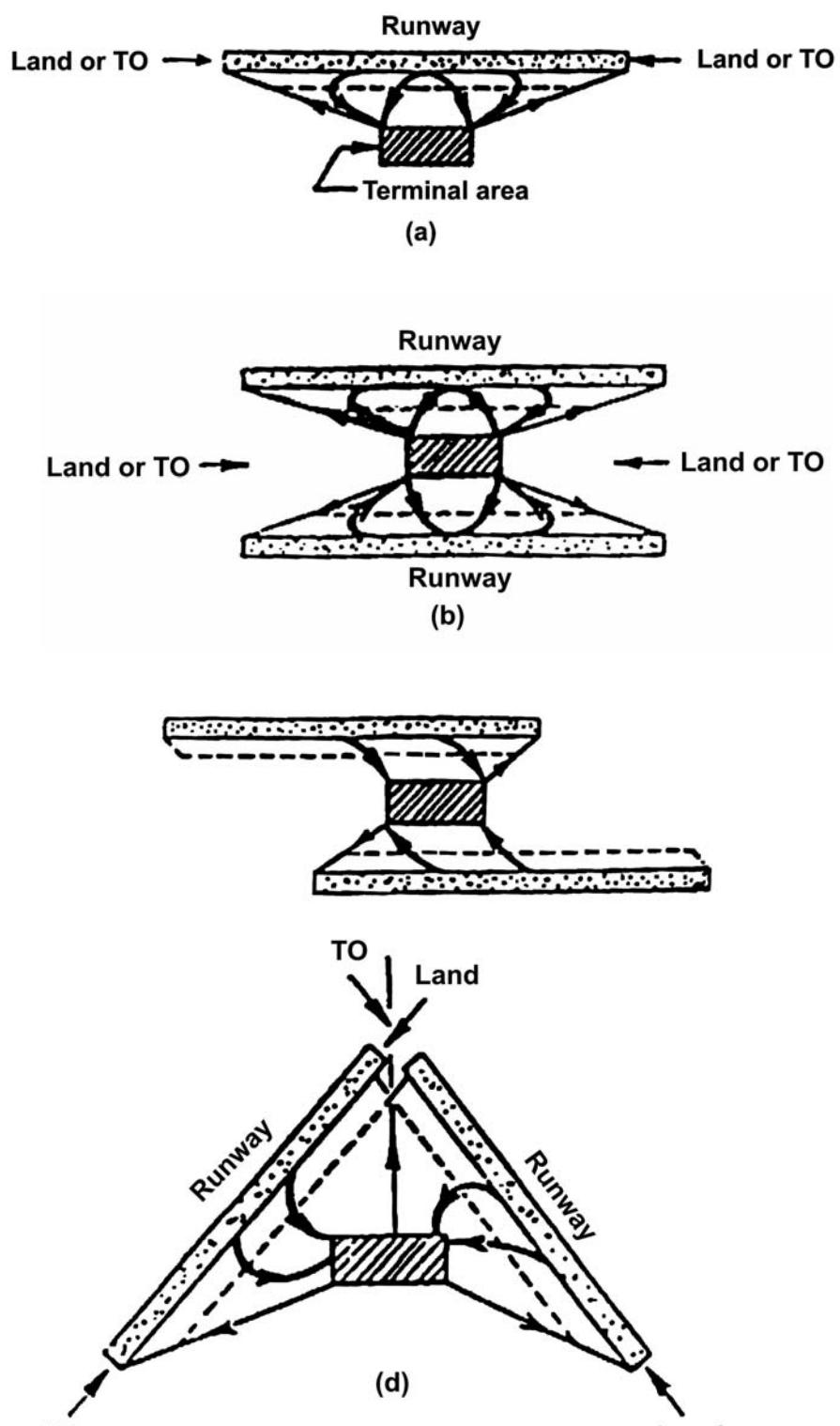
Localizar as instalações preferencialmente entre as pistas. Podem situar-se, entretanto, mais próximas das cabeceiras de acordo com a direção predominante de operação. As pistas podem ser defasadas sendo que isto é vantajoso apenas em condições de tráfego pouco intenso.

Quando, por alguma razão, o Terminal tende ser situado em um dos lados externos às pistas podem surgir problemas de cruzamento de pistas de pouso e grandes distâncias de táxiamento a vencer.

- **Pistas em diferentes direções**

Localizar as instalações eqüidistantes entre as pistas, de modo a minimizar as distâncias de táxiamento.

FIGURA 5.07



Typical airport configurations (schematie).

2. Outras Instalações

2.1. Infra-estrutura de Apoio

Terminal de cargas (TECA):

- Edificações e pátios para recebimento, tratamento, armazenamento e transferência de cargas.
- Necessitam de instalações para depósito em bagagens (paletização / containerização), circulação, escritórios e atendimento público.

No Brasil:

- A carga doméstica é tratada pelas companhias aéreas.
- A carga internacional (principalmente importação) é manipulada pela INFRAERO.

A localização do TECA deve:

- Viabilizar o mais fácil possível os tratamentos de cargas e usuários. Isto é, deve permitir o acesso da aeronave, ou das cargas provenientes das aeronaves e dos transportes terrestres (caminhões e outros) o mais eficientemente possível.

Segundo o IAC (manual de Capacidade da CECIA) para dimensionar ao nível de planejamento usa-se:

$$A = \frac{T \times F}{t \times d \times h \times f}$$

Onde: A: área do TECA em m².

T: tonelagem anual prevista (em ton.)

F: fator de flutuação da demanda de carga (1,1 a 1,5). Maior quanto menor for o T.

t: relação do tempo de operação por média do período de armazenagem (p/ média de 5 dias, t=73).

d: densidade média da carga (varia de 0,0875 a 0,158 ton/m³)

h: altura máxima de empilhamento (depende do equipamento disponível. De 1, a 4,0m).

f: fator que depende da configuração das áreas de armazenagem (varia de 0,4 a 0,7).

Ou da mesma forma:

$$A = \frac{T \times F \times f \times t_m}{365 \times d \times h}$$

Onde:

F: pode variar de 1,3 a 2,5

t_m : tempo médio de permanência no terminal.

Hangares:

Destinados a:

- Permanência
- Proteção
- Manutenção
- Reparo das Aeronaves

Englobam:

- Pátios e edificações para aeronaves
- Oficinas
- Almoxarifados
- Escritórios, etc.

Parque de Combustível:

- Potencialmente uma área perigosa, mas essencial;
- Tipos de combustível armazenado;
- AVTUR – querosene de aviação (aviões a turbina)
- AVGAS – gasolina de aviação (aviões a pistão)
- O abastecimento é feito por carros-tanques ou hidrantes.

Porte da área depende:

- Tempo de reserva (de 3 a 30 dias, conforme dificuldade de acesso do combustível à região);
- Tipo de armazenamento (enterrado e semi-enterrado para pequenos volumes e de superfície, na vertical ou horizontal para grandes volumes).

Normalmente:

< 100.000 litros → tanques subterrâneos ou horizontais de superfície.

> 100.000 litros → tanques verticais de superfície.

Roteiro para dimensionamento

- Cálculo do consumo diário em função da frota operante;
- Estabelecimento do tempo de reserva: 5 a 10 dias;
- Obtenção do volume de tancagem;
- Definição do tipo de tanque;
- Formação de baias de contenção;
- Previsão de separações de segurança.

Serviços contra Incêndio:

Apresenta duas esferas de atuação:

- Voltada para as edificações → disposição de hidrantes, sprinkles (chuveiros automáticos), extintores tipo água, espuma, CO₂, pó químico seco, para incêndios que deixam resíduos, inflamáveis, elétricos e pirofóricos respectivamente.
- Voltada ao atendimento do lado aéreo → depende da classe das aeronaves e da freqüência de operação. Para cada uma existem exigências mínimas de agentes extintores e carros de combate.

Para o 1º caso:

Instalações localizadas de maneira a atender o sinistro em no máximo 120 minutos.

Para o 2º caso:

Previstas aéreas para permanência do pessoal em estado de alerta, incluindo alojamentos, salas de estar, setores para treinamento, fácil acesso e circulação.

Categoria do Aeroporto	Comprimento da Aeronave		Número de	
	de (m)	até (m)	AR	AP
1	0,00	8,99	1	0
2	9,00	11,99	1	0
3	12,00	17,99	1	0
4	18,00	23,99	1	1
5	24,00	27,99	1	1
6	28,00	38,99	1	2
7	39,00	48,99	1	2
8	49,00	60,99	1	2
9	61,00	76	1	2 ou 3

AR: carro de ataque rápido

AP: carro de ataque pesado

Comissária:

- Preparação do serviço de bordo (feito dentro ou fora do aeroporto)
- Embalagem adequada dos alimentos

Torre de Controle:

Critérios para instalação:

- Proporcionar ao controlador do aeródromo ampla e total visibilidade do circuito de tráfego sob jurisdição, das pistas em operação e de todas as áreas utilizadas pelas aeronaves em movimento na superfície do aeródromo sob controle da torre;
- Dispor de área suficiente para acomodar as edificações iniciais e permitir futuras expansões;
- Evitar qualquer interferência da altura da torre nos gabaritos de zona de proteção do aeródromo, assim como devem ser avaliadas suas influências sobre o desempenho dos auxílios rádio à navegação e à aproximação;
- Ter avaliado a profundidade de percepção das superfícies sob controle da torre, evitando a incidência solar sobre o controlador (no hemisfério sul a face operacional deve ser orientada preferencialmente para o sul) e o prejuízo provocado por fontes externas;
- Ter minimizado o efeito do ruído no desempenho operacional (alguns casos exigem insonorização);
- Evitar que o sítio da torre cruze áreas operacionais;
- Ter estudado o plano diretor para evitar que futuras instalações passem a ser obstáculos.

Sala de Tráfego:

- Onde são prestados serviços de apoio ao vôo;
- Serve de elo entre os pilotos e os órgãos de proteção ao vôo;
- Os pilotos verificam as condições de operação e de meteorologia em frota, submetem planos de vôo antes da decolagem.

Infra-Estrutura Básica:

- Água
- Esgoto
- Telecomunicações

- Energia
- Lixo
- Gás

Acesso / Circulação:

(aula específica sobre o assunto)

AULA 06

1. Escolha De Sítio Aeroportuário

1.1. Objetivo

- Sítio tamanho adequado e localização apropriada para servir os usuários;
- Avaliar alternativas sob critérios econômicos, geográficos, de engenharia e ambientais.

1.2. Etapas do Processo de Escolha

1. Estabelecer aproximadamente tipo e dimensões do aeroporto;
2. Estudo de escritório: prováveis alternativas;
3. Estudo de campo: alternativas escolhidas;
4. Avaliação final e seleção;
5. Relatório e recomendações.

1.3. Fatores que Influenciam Dimensões do Aeroporto

- Volume de passageiros e aeronaves
 - Número de pistas de pouso/decolagem
 - Pistas de táxi
 - Pátio de aeronaves
 - Terminal de passageiros e cargas
 - Acesso viário, vias de circulação e estacionamento
 - Área de apoio (hangares, comissária etc.)
- Altitude do local
- Condições meteorológicas (vento e temperatura)
- Tráfego aéreo (rotas aéreas de aeroportos próximos)
- Área de reserva (amortecer incômodo do ruído aeronáutico sob a comunidade)

1.4. Estudo de Escritório de Possíveis Alternativas

1.4.1. Critérios Básicos de Localização

- Área (dimensões ideais para a implantação do aeroporto);

- Área recomendada (incluir curva 1 de ruído);
- Relacionamento urbano (fora da área urbana e contrária aos vetores de expansão);
- Distância ao centro urbano (10 a 30 km);
- Acesso viário (próximo à rodovias);
- Infra-estrutura (energia elétrica, esgotos, água e telecomunicações);
- Topografia (livre de obstáculos, área plana);
- Geologia (solo de bom suporte);
 - Meteorologia (vento, temperatura e chuva);
 - Viabilidade econômica (custos monetários, sociais e ambientais).

1.5. Metodologia de Escolha de Sítio Aeroportuário

Tese de mestrado / COPPE/UFRJ – 1985

Edmilton Menezes da silva – IAC

REQUISITOS	ALTERNATIVAS						
	1	2	3	4	5	6	7
ÁREA	0	0	0	1	1	1	1
USO DO SOLO	1	0	0	1	1	1	1
ACESSO	1	0	1	0	1	1	1
INFRA-ESTRUTURA	1	1	1	0	1	1	1
TOPOGRAFIA	0	0	0	1	1	1	0
GEOLOGIA	1	1	1	1	1	1	1
DISTÂNCIA	1	1	1	0	0	0	1
METEOROLOGIA	0	1	1	0	1	1	1
CUSTOS	0	0	0	0	1	0	1
TOTAL - PONTOS	5	4	5	4	8	7	8

ESTUDO DOS FATORES DETERMINÍSTICOS

GRUPO 1 – RELACIONAMENTO URBANO

- Distância ao Centro Urbano (0,2)
- | |
|----------------------|
| 4 – entre 15 a 29 km |
| 3 – entre 10 a 15 km |
| 2 – entre 20 a 25 km |
| 1 – a menos de 10 km |

- <u>Vias de Acesso</u> (0,3)	4 – pavimentada e adjacente ao sítio 3 – pavimentada até 5 km do sítio 2 – em implantação (até 5 km) 1 – planejada
- <u>Uso do solo no Entorno – Ruído compatível</u> (0,4)	4 – área I e II dentro dos limites patrimoniais 3 – área I dentro dos limites patrimoniais 2 – área II fora dos limites patrimoniais e uso do solo 1 – idem e uso do solo incompatível
- <u>Infra-estrutura de Serviços</u> (0,1)	4 – todos os serviços (E. Elétrica, Água, Telecomunicações, etc) 3 – Apenas E. Elétrica e Água 2 – Apenas E. Elétrica 1 – Dificuldades de implantação de Serviços

4 – Ótimo

3 – Bom

2 – Regular

1 – Ruim

GRUPO 2 – FATORES OPERACIONAIS

- <u>Obstáculos Físicos</u> (0,4)	4 – nenhum obstáculo 3 – apenas na área horizontal 2 – área de transição 1 – área de aproximação
--------------------------------------	---

- <u>Direção dos ventos</u> (0,4)	4 – 95% de comprimento de pista na direção dos ventos predominantes 3 – entre 75% e 55% 2 – entre 60% e 75% 1 – entre 50% e 60%
--------------------------------------	--

- <u>Proximidade de Outros Aeroportos</u> (0,2)	4 – não há aeroportos num raio de 50 km 3 – entre 20 e 50 km 2 – entre 10 e 20 km 1 – a menos de 10 km
--	---

GRUPO 3 – FATORES FÍSICOS E GEOGRÁFICOS

- Movimentação de Terra (0,4)	4 – área plana sem problema de drenagem 3 – baixos custos no movimento de terra 2 – custo médio no movimento de terra 1 – altos custos no movimento de terra
----------------------------------	---

- Dimensões de área e Possibilidade de Expansão (0,3)	4 – adequada e com possibilidade de expansão em todas as direções 3 – expansão apenas nas cabeceiras 2 – apenas uma das cabeceiras 1 – sem possibilidades de expansão
--	--

- Valor da Terra (0,3)	4 – propriedades do poder público 3 – baixo custo de desapropriação 2 – custo médio de desapropriação 1 – alto custo de desapropriação
---------------------------	---

a) PROCEDIMENTOS

- (1) - Eleição dos Grupos de Fatores Determinísticos e seus respectivos atributos
- (2) - Elaboração de Arranjos Matriciais
- (3) - Estabelecimento dos pesos relativos dos atributos dentro do seu grupo

b) ESTABELECIMENTO DE CRITÉRIOS NA ATRIBUIÇÃO DE PESOS AO TRIBUTOS (A PARTIR DAS CONDIÇÕES REAIS)

CONCEITO	PESO
EXCELENTE	4
BOM	3
SATISFATÓRIO	2
RUIM	1

c) ELEIÇÃO DOS ATRIBUTOS

GRUPO I – FATORES DE RELACIONAMENTO URBANO

ATTRIBUTOS	SÍTIOS	01	02	...	n	PESO REL.
		0.4	0.4	0.2	1.0	
OBSTÁCULOS FÍSICOS						
DIREÇÃO DOS VENTOS						
PROXIMIDADE AEROPORTOS						
TOTAL						

GRUPO II – FATORES OPERACIONAIS

SÍTIOS ATRIBUTOS	01	02	...	n	PESO REL.
OBSTÁCULOS FÍSICOS					0.4
DIREÇÃO DOS VENTOS					0.4
PROXIMIDADE AEROPORTOS					0.2
TOTAL					1.0

GRUPO II – FATORES FÍSICOS/GEOGRÁFICOS

SÍTIOS ATRIBUTOS	01	02	...	n	PESO REL.
TERRAPLENAGEM					0.4
DIMENSÕES DA ÁREA					0.3
VALOR DA TERRA					0.3
TOTAL					1.0

AULA 07

1. Plano Diretor Aeroportuário

1.1. Características Gerais

Conjunto de documentos que apresentam a orientação para a implantação e desenvolvimento do aeroporto.

É fundamental para a construção ou ampliação do aeroporto, garantindo a harmonização pelas diversas fases de crescimento, sem desperdícios e em compatibilidade com: o meio ambiente, o progresso da comunidade e os outros fatores intervenientes.

1.1.1. Seqüência de Fases

- **Fase 1 – Informações Básicas**: consiste no levantamento dos dados necessários e suficientes para a realização dos estudos preliminares do aeroporto.
- **Fase 2 – Estudos Preliminares**: consiste na avaliação dos dados coletados para determinação dos requisitos do aeroporto.
- **Fase 3 – Escolha do Local**: consiste na opção, após comparação dos vários locais indicados nas fases anteriores, no caso da implantação de um novo aeroporto.
- **Fase 4 – Planejamento Geral**: Consiste no estabelecimento da configuração do aeroporto, com indicação de seus elementos mais importantes, proposição para uso da terra e zona de proteção do aeroporto, planejamento da área terminal e das vias de acesso e plano de viabilidade econômica e financeira.

Cada fase deve ser examinada e analisada, considerando-se a viabilidade técnica e econômica. Os profissionais incumbidos do estudo das quatro fases podem quando julgarem necessário, apresentar informações ou sugestões complementares.

1.2. Informações Básicas

- Nome da região, localização geográfica representada em mapas e plantas com indicação do Norte Verdadeiro e Norte Magnético;
- Dados históricos que permitam visualizar o desenvolvimento, a necessidade de existência do aeroporto e a possibilidade de sua ampliação futura;
- Plantas topográficas do terreno e áreas adjacentes;
- Natureza do solo, tipos de vegetação e sondagens existentes;

- No caso de ampliação ou melhoramento do aeroporto, levantamento e análise das atuais instalações, indicando as deficiências observadas;
- Legislação relativa ao uso do solo e à execução de obras na região;
- Estudos de planejamento existentes para a região;
- Características gerais e situação das rodovias, ferrovias e portos existentes ou planejados, na região ou em suas vizinhanças;
- Jazidas e indústrias de materiais de construção;
- Dados de caráter ambiental, como ecologia da área e possível impacto do ruído dos aviões na comunidade;
- Dados sócio-econômicos relativos à população, aos meios de transporte e outros que possam interessar no estudo da demanda do aeroporto;
- Dados meteorológicos relativos à temperatura, vento, chuvas e ocorrência de nevoeiros;

1.3. Estudos Preliminares

- Constam da análise e avaliação das informações básicas coletadas.
- Visa determinar os requisitos essenciais ao empreendimento a ser desenvolvido.

1.3.1. Estudo da demanda do Transporte Aéreo

Deve ser desenvolvido com base na análise dos elementos coletados, estabelecendo as projeções de demanda no horizonte de tempo pré-definido nas diretrizes.

1.3.2. Estudo da Capacidade da Infra-estrutura Aeroportuária

- **Área de movimento** para aeronaves considerando-se o número máximo de operações que o conjunto de pistas deve acomodar;
- **Área terminal** com a estimativa da capacidade individual de cada um dos elementos, ou seja, estacionamentos das aeronaves, pátios, terminal de passageiros, terminal de carga etc.;
- **Espaço aéreo** com a estimativa de capacidade em função da natureza das operações (IFR e VFR), proximidade de outros aeroportos e da presença de obstáculos.
- **Vias de acesso** de superfície com a estimativa da capacidade em termos de veículos por unidade de tempo, decorrente do transportes de cargas e de pessoas, considerando-se os passageiros, acompanhantes, visitantes e funcionários.

1.4. Escolha do Local

1.4.1. Estudo de Gabinete

Fornecem elementos que, provavelmente, permite reduzir o nº de locais selecionados preliminarmente, o que diminui os elevados custos com as pesquisas de campo, seguindo as seguintes orientações:

- Localização de outros aeroportos existentes ou planejados;
- Levantamento de planos do uso da terra, programas e projetos;
- Levantamento dos custos dos terrenos e cadastro de seus proprietários;
- Estudo das características topográficas;
- Estudo do custo provável da elaboração do anteprojeto em cada local;
- Distribuição e atividades da população relativamente aos locais selecionados.

1.4.2. Pesquisas de Campo

- Realização de sondagens geotécnicas;
- Retirada de amostras do solo;
- Fotografias aéreas e terrestres da área.

1.4.3. Avaliação Final e Seleção

- Selecionar o melhor local;
- Detalhamento do local, posteriormente.

1.5. Planejamento Geral do Aeroporto

Conjunto de planos e plantas sistematicamente ordenados, objetivando encontrar a melhor solução para o desenvolvimento do aeroporto, composto pelos seguintes documentos:

- Plano do Aeroporto (mapas de localização e situação, e plantas de zoneamento e configuração);
- Plano do uso da terra;
- Plano de Zona de Proteção;
- Plano da Área Terminal;
- Plano das Vias de Acesso;
- Plano de Viabilidade Econômico-Financeira.

1.6. Impactos

1.6.1. Sociais

- **Demografia** → taxa de crescimento da população, grau de urbanização, tamanho da família na sociedade,...;
- **Economia** → nível de empregos, imposto territorial, participação da força de trabalho,...;
- **Estrutura Social** → nível escolar, disponibilidade de casas,...etc;
- **Serviços Públicos** → educação pública, assistência médica, transportes,..;
- **Bem-Estar Social** → taxa de criminalidade, sanidade mental, ...etc.

1.6.2. Econômicos

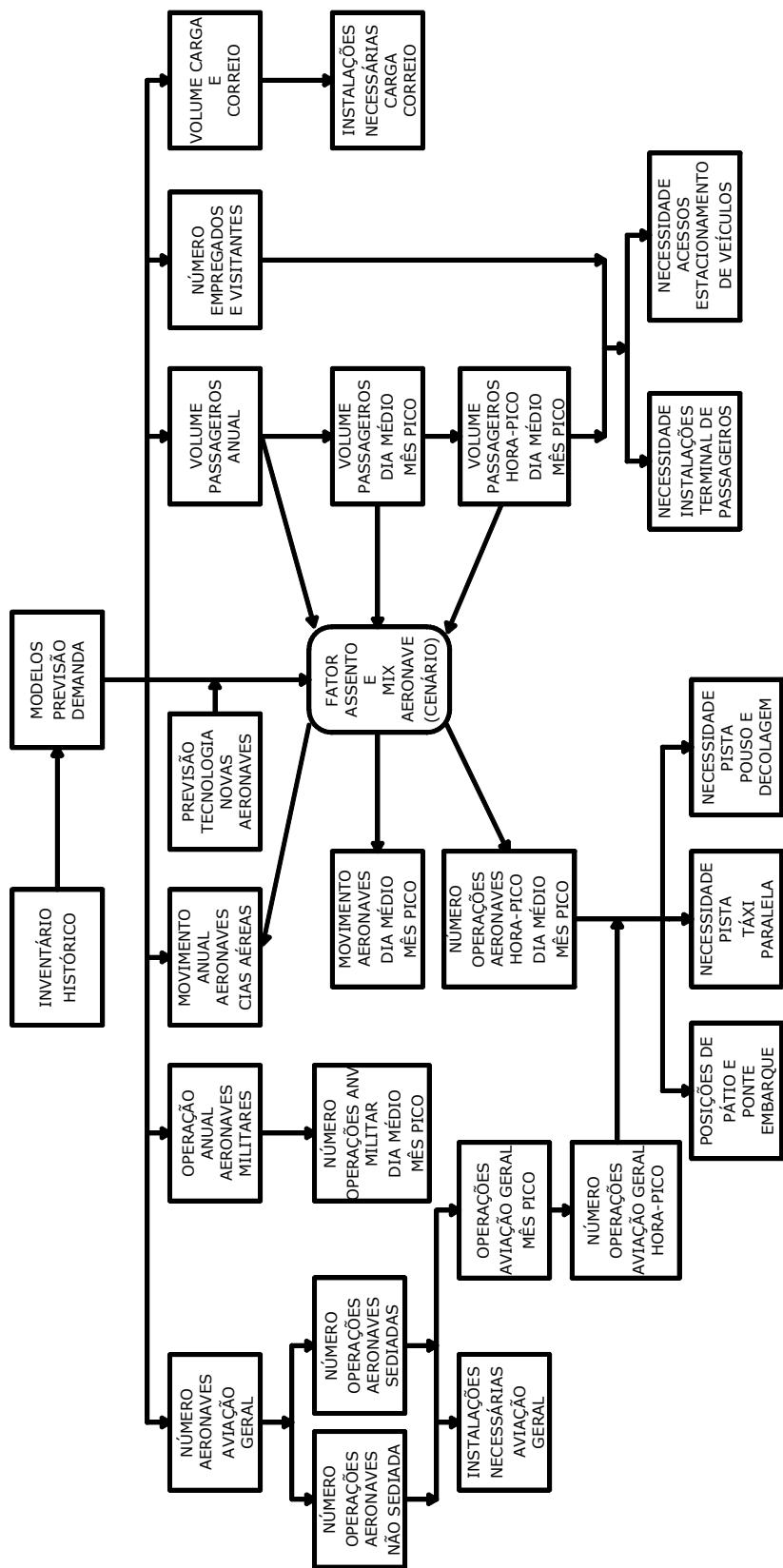
- **Benefícios Quantificáveis** → magnitude, tempo e lugar de ocorrência.

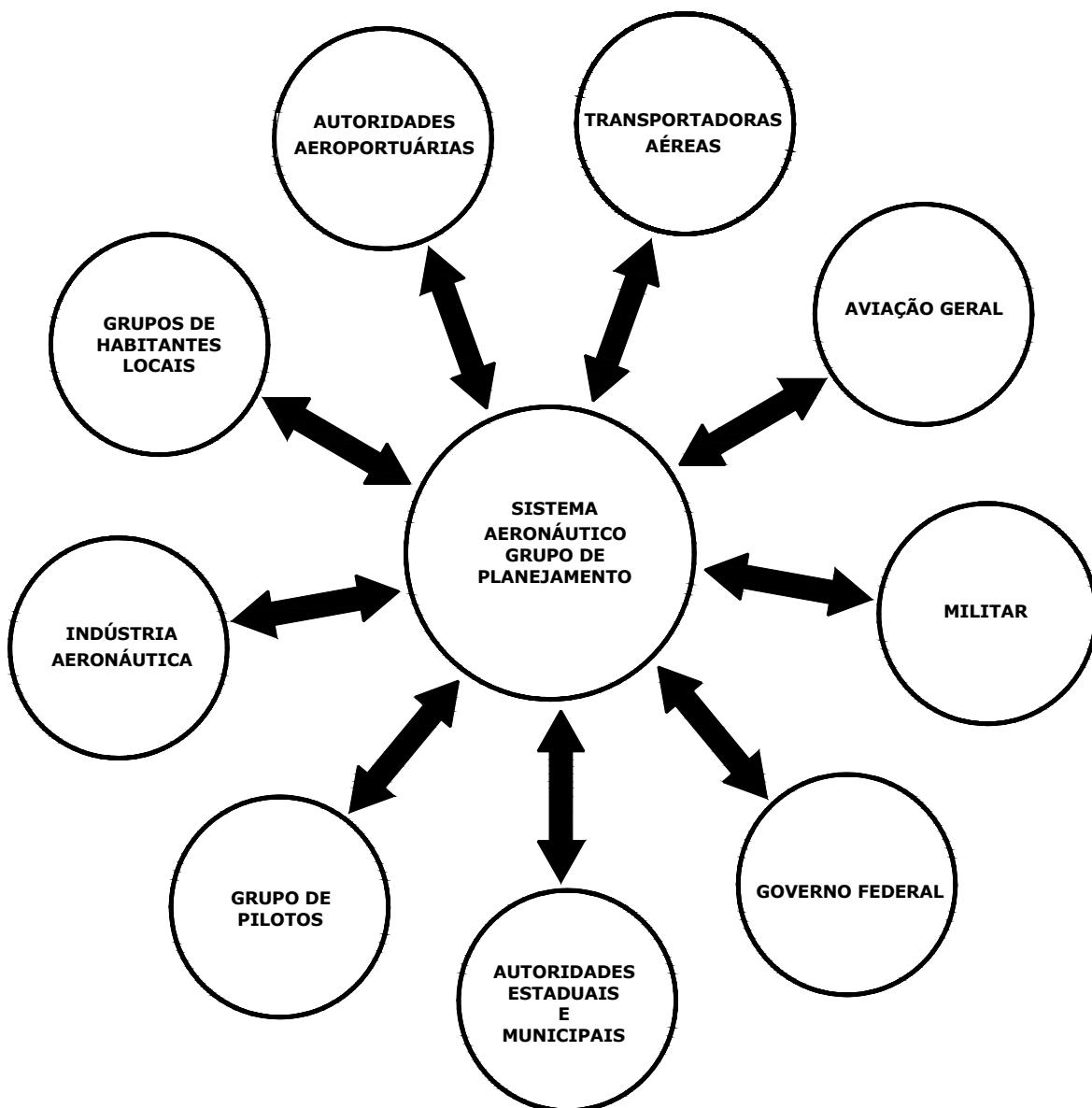
1.6.3. Ambientais

- **Sistema Ecológico** → fauna, flora;
- **Terra** → uso da terra, lixo, erosão, geologia;
- **Água** → fornecimento, hidrologia, propriedades;
- **Ar** → qualidade;
- **Ruído** → poluição sonora;
- **Outros** → preservação de locais, interesse paisagístico.

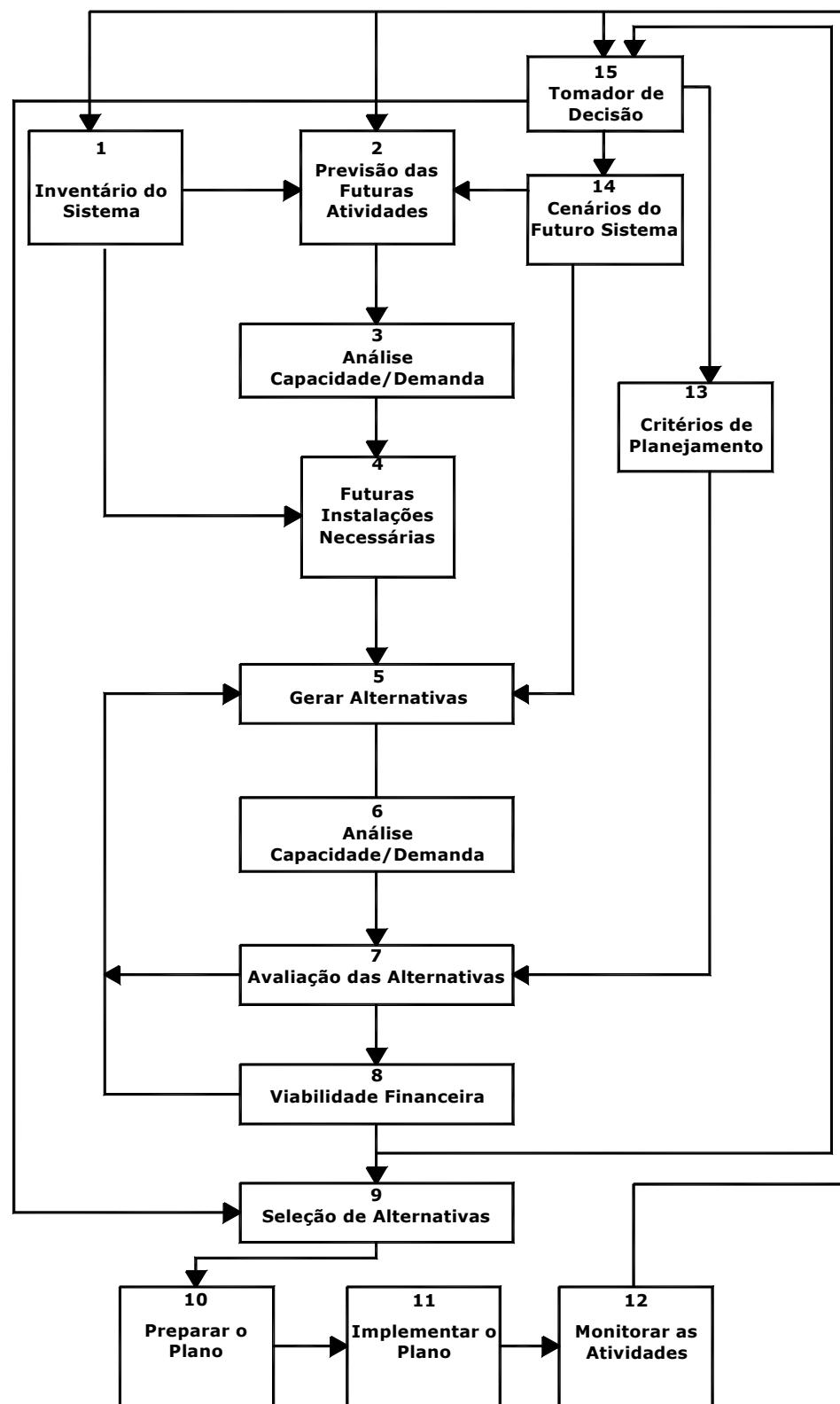
DIAGRAMA DE CONVERSÃO DE DEMANDA ANUAL PARA PLANEJAMENTO DE AEROPORTOS

Fonte: Curso Engenharia de Aeroportos – Singapore Aviation Academy (1993)

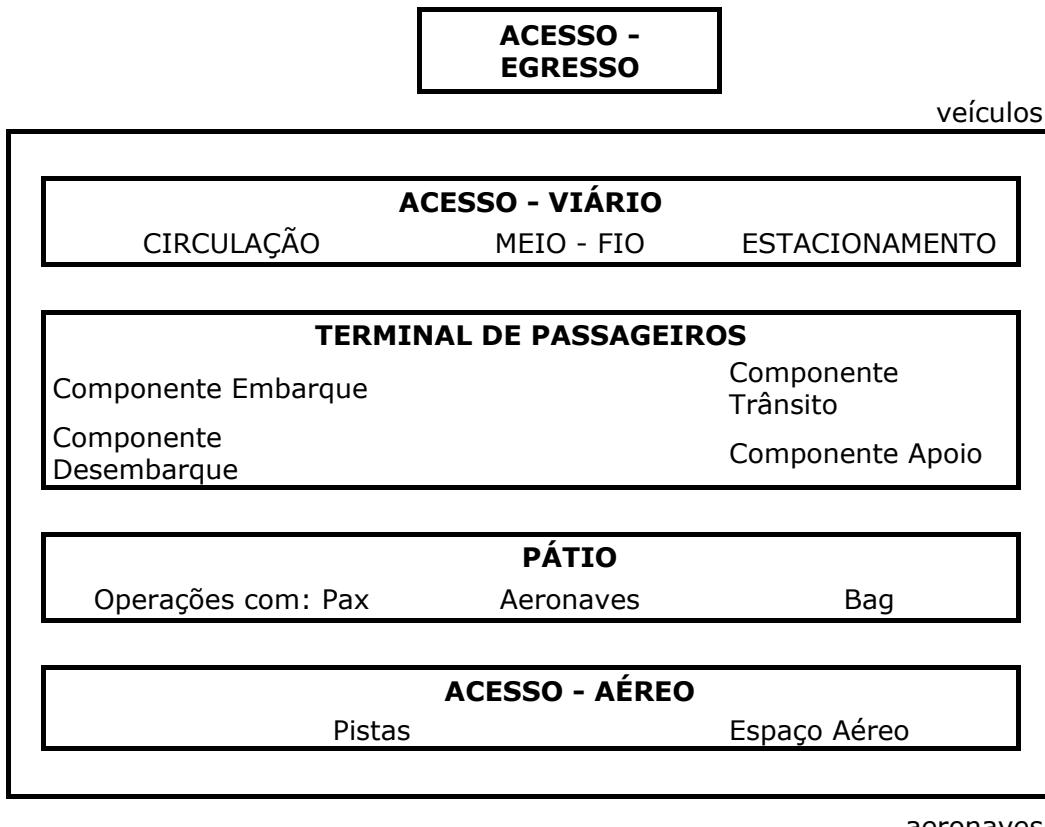




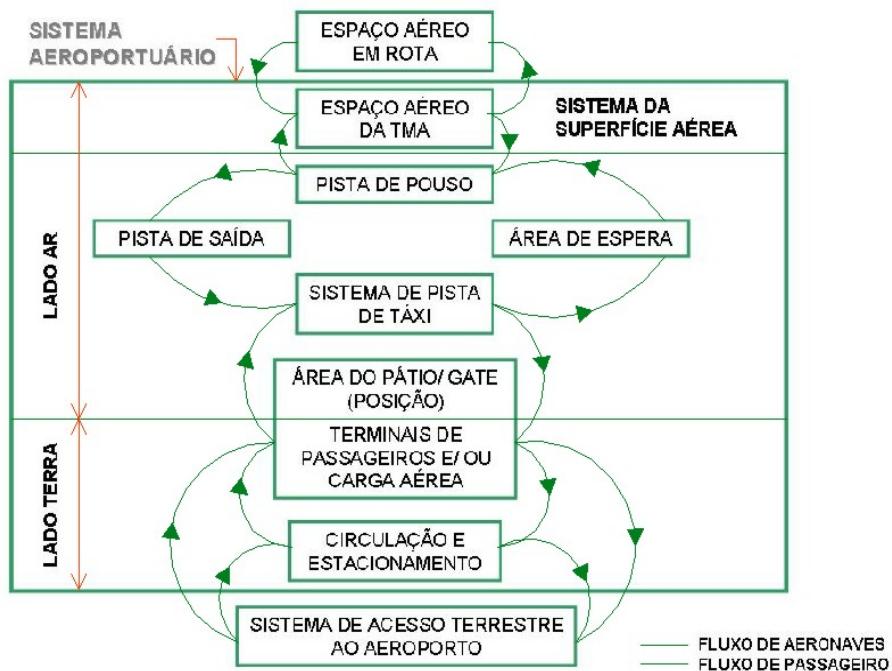
GRUPO DE REPRESENTANTES PARTICIPANTES NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO



SISTEMA AEROPORTUÁRIO



Fonte: Gualda, 1978



SISTEMA AERONÁUTICO

1.7. O Plano Diretor de acordo com as Normas da Icao

O plano diretor é um guia para:

- O desenvolvimento das facilidades físicas de um aeroporto;
- O desenvolvimento do uso do solo das áreas ao redor do aeroporto;
- Determinação dos efeitos no meio ambiente da construção e operação do aeródromo;
- Estabelecimentos dos acessos necessários ao aeroporto.

Etapas de Planejamento do Plano Diretor:

- Preparação do plano de trabalho;
- Inventário e condições dos documentos existentes;
- Previsão da demanda futura do tráfego aéreo;
- Determinação das etapas e do tempo de realização para as facilidades;
- Avaliação das restrições existentes e potenciais;
- Determinação da importância relativa das restrições e outras considerações;
- Desenvolvimento de várias opções de planos (alternativas);
- Avaliação e análise de todas as alternativas;
- Seleção da opção (alternativa) mais adequada e aceitável, refinando e modificando como parte de um processo de reavaliação;
- Preparação de um documento final sobre o plano.

Etapas de Planejamentos	Descrição
Pré-Planejamento	Coordenação, processo de planejamento, organização do planejamento, objetivos e política de metas.
Previsão para o propósito de planejamento	Necessidades, previsões necessárias, métodos e princípios de previsão, fatores, apresentação das previsões.
Plano Financeiro e Controle	Custo do Capital, necessidades de dinheiro, busca de fundos, financiamento doméstico e internacional; Custos operacionais; Fontes de receita.
Avaliação e Seleção do local	Tamanho da área necessária, localização dos locais potenciais, fatores que afetam a localização do aeroporto, estudo preliminar dos possíveis locais, inspeção do local, consideração dos custos operacionais e sociais, estudo do meio ambiente, revisão dos locais potenciais, estimativa de custos e receitas, avaliação final.
Pista de pouso e decolagem e Pistas de Táxi	Dimensões, resistência, características das aeronaves, performance, comprimento da pista (pouso / decolagem), configuração, capacidade.
Pátios	Layout dos pátios, tamanho das posições, estacionamento, serviços e hangares, área de espera das aeronaves, segurança, área de equipamento de pátio.
Navegação Aérea e Terrestre, Auxílios e Controle de Tráfego.	Auxílios visuais, de rádio navegação e suas edificações, demarcação de áreas críticas, serviço de tráfego aéreo, serviço de busca e salvamento, controle de pátio e comunicações.

Etapas de Planejamentos	Descrição
Terminal de Passageiros	<p>Princípios de planejamento, características dos serviços e do tráfego do aeroporto, fatores afetando a escala de serviços a serem ofertados, demanda e capacidade.</p> <p>Conexão entre o terminal de passageiros e o sistema de acesso, processamento de passageiros e bagagem, áreas de espera, controle de passaporte, links com a parte aérea, veículos p/ movimentação de passageiros no pátio, transferência de passageiros em conexão, outros serviços para passageiros.</p>
Necessidades para instalação da Carga	<p>Local, tipo e função da edificação, pátio, acessos, estacionamento, inspeção e controle.</p>
Transporte terrestre e Circulação interna de veículos e estacionamentos.	<p>Modos públicos e privados de transporte, dados de tráfego, circulação interna, meio fio, estacionamento de veículos.</p>
Instalações para operação e suporte do aeroporto	<p>Administração e manutenção, centro médico, estação de abastecimento de veículos, oferta de água e sanitários, comissaria, cozinhas, serviços meteorológicos, sala de tráfego (da tripulação), manutenção de aeronaves, bombeiros e resgate, instalações de aviação em geral, abastecimento de</p>

Segurança	<p>Segurança do lado aéreo: isolar as vias e posição de estacionamentos, segurança da área de estacionamento, área de espera utilizada para explosão de emergência;</p> <p>Segurança do lado terra: terminal de passageiros, locais públicos de armazenamento com chave.</p>
-----------	--

1.7.1. Demanda de Tráfego

De Passageiros:

- Movimento de passageiros anual nos últimos 10 anos;
- Movimento de passageiros mensal nos últimos 5 anos;
- Movimento de passageiros, horário dos 10 dias de pico dos últimos 5 anos.

De Aeronaves:

- Movimento anual dos últimos 10 anos;
- Movimentos mensais dos últimos 5 anos;
- Movimentos horários dos 10 dias de pico dos últimos 5 anos.

1.7.2. Crescimento de Passageiros e de Aeronaves (doméstico e internacional)

- Mix atual e futuro de aeronaves para os próximos 15 anos;
- Padrão histórico do movimento de aeronaves militares e seu crescimento (se for o caso);
- Quadro de horário de operação das linhas aéreas;
- Dados sócio-econômicos gerais, dados econômicos básicos e taxas de crescimento da capacidade e da região do aeroporto, incluindo dados de população, emprego, renda, turismo, atividades da construção civil, demandas da indústria, etc. Distribuição da renda na cidade, região e país, com mudanças projetadas no modelo de distribuição. Custo e níveis de serviço dos modos de transporte e terrestre.

Dados sobre o Meio Ambiente:

- Legislação do planejamento local;

- Planos de desenvolvimento local, com detalhamento, indicando planos para desenvolvimento metropolitano e regional;
- Usos do solo existente e papel de desenvolvimento no ambiente do aeroporto;
- Relacionamento entre planos de transporte local e plano de transportes nacional e estratégias de investimentos nos vários níveis de governo;
- Legislação e Regulamentação sobre ruído, local e nacional, corrente e planejada.

Dados físicos:

- Descrição e divisão modal dos modos de acesso existentes;
- Dados Meteorológicos: vento, chuva, neve, período de baixa visibilidade.
- Detalhamento topográfico de aproximadamente 30 Km ao redor do aeroporto, com contornos de 10 Km na escala 1: 50.000;
- Maior detalhamento topográfico de 3 a 5 Km ao redor do aeroporto e um contorno de aproximadamente 1 Km na escala 1: 2.000;
- Plantas das construções existentes com detalhes de propriedade;
- Detalhes das avarias nas edificações existentes, distribuídas nas diversas funções;
- Plantas de detalhamento arquitetônico de algum terminal existente projetado para uso de várias utilidades, por exemplo: imigração, visitantes, check-in, devolução de bagagem, administração, concessão, etc.
- Detalhamento da estrutura das construções dos pátios, pistas de táxi, pistas de pouso e decolagem e principais construções;
- Avaliação do comprimento e condições da resistência destes elementos;
- Avaliação da estabilidade e indicação do tipo de estrutura (permanente, leve ou temporária);
- Condições e extensão da drenagem existente;
- Condições e expansão da iluminação das pistas (pouso/decolagem e táxi) e aproximações;
- Condições e expansão da sinalização;
- Condições, tipo e capacidade dos auxílios à navegação e telecomunicações;
- Dados de obstáculos para as aeronaves penetrando nas superfícies protegidas (zonas de proteção);
- Detalhes de serviços existentes de combate ao fogo, etc.

- Outros dados físicos incluindo o meio ambiente (flora e fauna).

Dados Gerais:

- Outros planos de transportes e desenvolvimento no ambiente do aeroporto;
- Planos de desenvolvimento comercial, turístico, industrial, governamental;
- Fontes de financiamento em aeroportos em operação.

Dados Aeronáuticos:

- Fila de espera, aproximações, aproximações perdidas (abortagem de pouso – arremeter), procedimentos de decolagem e abortagem de decolagem;
- Aerovias.

Dados sobre Construção:

- Detalhamento dos custos do material de construção, por exemplo: concreto, aço, terra, alvenaria. Custos finais e custos de equipamentos.

1.8. Estrutura do Relatório sobre o Plano Diretor

Demanda:

- Previsão do tráfego de passageiros;
- Previsão do tráfego de carga;
- Previsão do movimento do transporte aéreo (aeronaves);
- Previsão do movimento da aviação em geral e da militar;
- Previsão do tráfego nos acessos terrestres por modos públicos e privados.

Capacidade:

- **Para o lado Aéreo:** pistas de pouso/decolagem, pistas de táxi, pátios e áreas de espera.
- **Para os Terminais:** passageiro e carga.
- **Para o lado Terra:** modos de acesso e estacionamento.

Estimativa de Custos:

- Pistas de pouso/decolagem, de táxi, pátios e áreas de espera;
- Terminal de carga e passageiro;
- Torre de controle, auxílios à navegação;

- Facilidades de suporte, como meteorologia e combate a incêndio;
- Rodovias, estacionamentos e acessos;
- Área Militar;
- Facilidades para aviação geral;
- Áreas de Manutenção.

Acrescentar os seguintes desenhos:

- Planta de orientação;
- Planta de localização;
- Planta do local existente;
- Planta do uso do solo próximo;
- Planta do uso do solo regional;
- Planta do uso do solo do aeroporto;
- Planta com o layout do aeroporto;
- Planta com localização dos auxílios de navegação;
- Planta com as zonas de proteção;
- Planta com os acessos;
- Planta da drenagem, movimentação de terra e paisagismo;
- Contornos do ruído.

AULA 08

1. Plano de Zona de Proteção de Aeródromo

Definição: Documento de aplicação genérica ou específica composto por um conjunto de superfícies imaginárias, bi ou tridimensionais, que estabelece as restrições impostas ao aproveitamento das propriedades dentro da Zona de Proteção de um aeródromo.

Tipos:

- Básico de Zona de Proteção de Aeródromo;
- Básico de Zoneamento de Ruído;
- Básico de Zona de Proteção de Heliporto;
- Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea;
- Específico de Zona de Proteção de Aeródromo; e
- Específico de Zoneamento de Ruído.

1.1. Legislação Internacional

- Organização de Aviação Civil Internacional (OACI) - Brasil
- Federal Aviation Administration (FAA) - Estados Unidos
- Service Technique des Bases Aerielles (STBA) – França

1.2. Legislação Brasileira

Portaria Nº 1.141/GM-5, de 08 de dezembro de 1987.

Ministério da Aeronáutica

1.3. Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo

Documento de aplicação genérica em aeródromos, que estabelece as restrições impostas ao aproveitamento das propriedades dentro da Zona de proteção de um aeródromo.

1.4. Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromo

Documento, elaborado pela DEPV, de aplicação específica que estabelece as restrições impostas ao aproveitamento das propriedades dentro da Zona de um determinado aeródromo.

1.5. Plano de Zona de Proteção de Aeródromo

Superfícies:

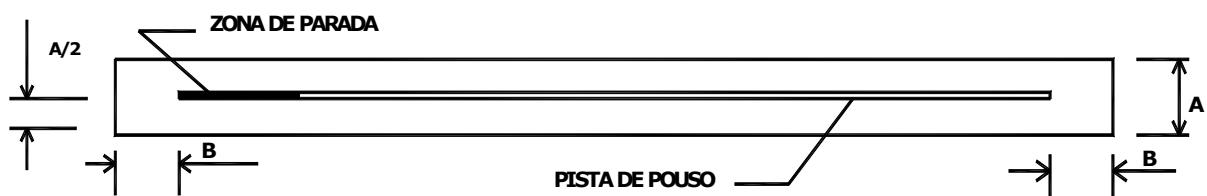
- Faixa de Pista
- Área de Aproximação
- Área de Decolagem
- Área de Transição
- Área Horizontal Interna
- Área Cônica
- Área Horizontal Externa

1.6. Faixa de Pista

- **Definição:** Plano que envolve a pista de pouso e decolagem e tem, em cada ponto, a altitude do ponto mais próximo situado no eixo da pista ou no seu prolongamento.
- **Finalidade:** Proteger as aeronaves no solo em caso de saírem da pista durante a corrida realizada após o pouso e para a decolagem.

FIGURA 8.01 - PLANO BÁSICO DE ZONA DE PROTEÇÃO DE AERÓDROMO

FAIXA DE PISTA



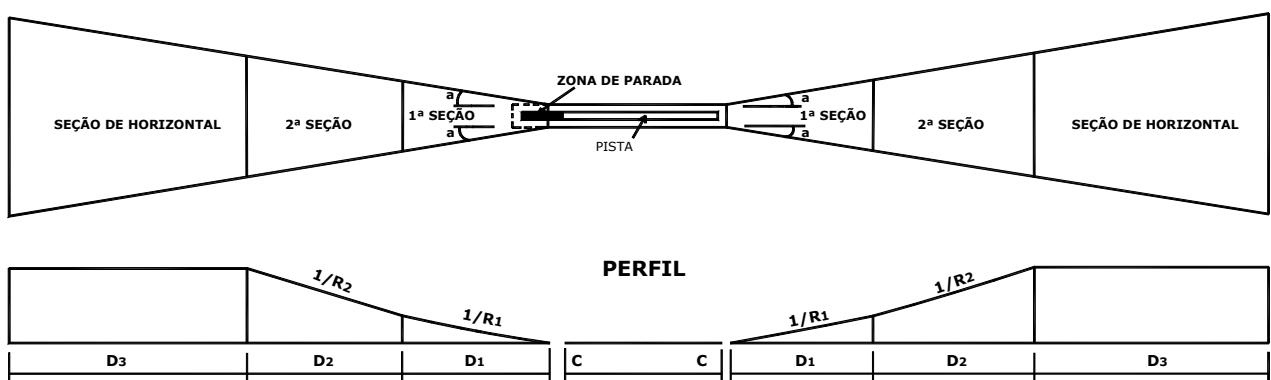
PARÂMETROS	CLASSE DO AERÓDROMO						
	VFR			IFR - NÃO PRECISÃO		IFR - PRECISÃO	
	CÓDIGO DE PISTA			CÓDIGO DE PISTA		CÓDIGO DE PISTA	
	1	2	3 e 4	1 e 2	3 e 4	1 e 2	3 e 4
A (m)	60	80	150	150	300	150	300
B (m)	30	60	60	60	60	60	60

NOTA: PARA EFEITO DO TRAÇADO DA FAIXA PISTA, AO COMPRIMENTO DA PISTA DE POUSO SÃO ACRESCIDAS AS ZONAS DE PARADA, CASO EXISTAM.

1.7. Área de Aproximação

- Definição: superfície que se estende em rampa, no sentido do prolongamento da cabeceira da pista de pouso e decolagem, a partir da faixa de pista.
- Finalidade: definir a porção do espaço aéreo que deve se manter livre de obstáculos a fim de proteger as aeronaves durante a fase final de aproximação para pouso.

FIGURA 8.02 - Área de Aproximação



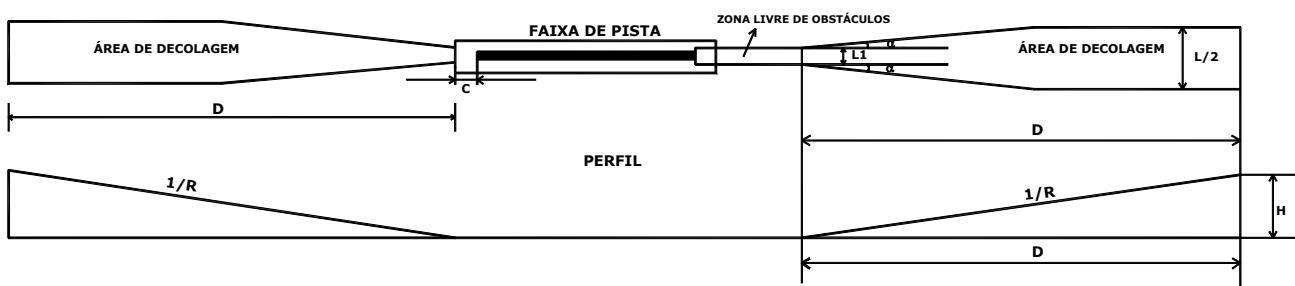
PARÂMETROS	CLASSE DO AERÓDROMO							
	VFR				IFR - NÃO PRECISÃO		IFR - PRECISÃO	
	CÓDIGO DE PISTA				CÓDIGO DE PISTA		CÓDIGO DE PISTA	
	1	2	3	4	1 e 2	3 e 4	1 e 2	3 e 4
a	6°	6°	6°	6°	9°	9°	9°	9°
R ₁	20	25	30	40	40*	50	50	50
R ₂	—	—	—	—	—	40	40	40
C m	30	60	60	60	60	60	60	60
D ₁ m	1600	2500	3000	3000	2500	3000	3000	3000
D ₂ m	—	—	—	—	—	3600	3600	3600
D ₃ m	—	—	—	—	—	8400	8400	8400

(*) AO CRITÉRIO DO COMAR (COM O PARECER DO SRPV), A RAMPA DE APROXIMAÇÃO DOS AERÓDROMOS CLASSE IFR-NÃO PRECISÃO, CÓDIGO DE PISTA 1 E 2 PODERÁ SER ELEVADA PARA 1/30

1.8. Área de Decolagem

- **Definição:** superfície que se estende em rampa, no sentido do prolongamento da cabeceira da pista de pouso e decolagem, a partir da Faixa de Pista ou da Zona Livre de Obstáculos (Clearway), caso exista.
- **Finalidade:** proporcionar proteção às aeronaves durante a decolagem, indicando a altitude máxima permitida para os obstáculos situados em sua área de abrangência.

FIGURA 8.03 - Área de Decolagem



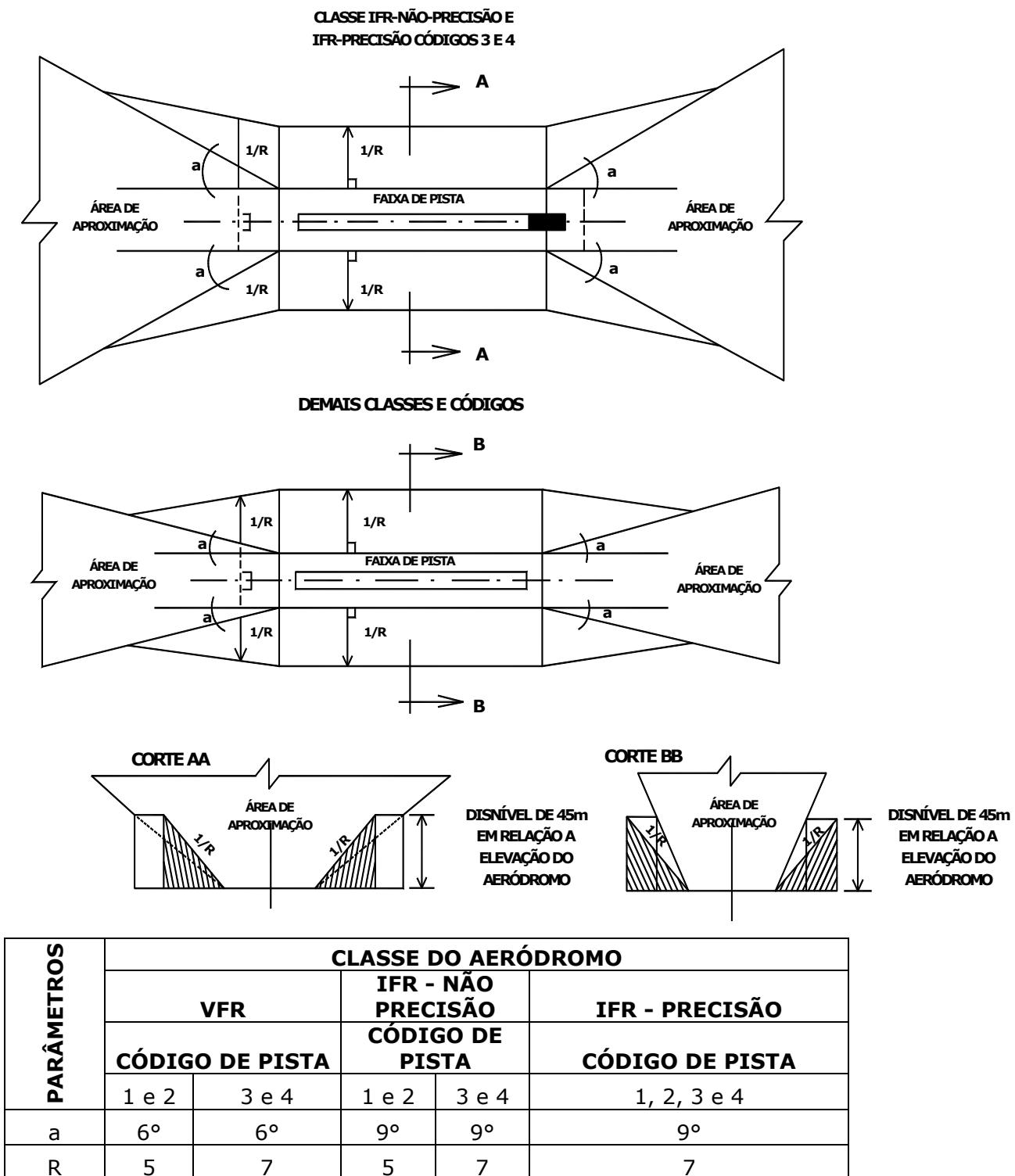
PARÂMETROS	CLASSES		
	VFR	IFR - NÃO PRECISÃO	IFR - PRECISÃO
	CÓDIGO DE PISTA		
	1	2	3 e 4
c m	60*	60	60
L1 m	60	80	180
L2 m	380	580	1800
a	6°	6°	7,12°
D m	1600	2500	15000
R	20	25	50
H m	80	100	300

(*) PARA AERÓDROMO CLASSE VRF CÓDIGO DE PISTA 1, C= 30m

1.9. Área de Transição

- **Definição:** superfície que se estende em rampa, a partir dos limites laterais da Faixa de Pista e da interseção com a área de aproximação, onde houver, até o ponto onde sua altitude atinge o desnível de 45m em relação à elevação do aeródromo.

- Finalidade:** estabelecer um espaço aéreo adicional que deve ser mantido livre de obstáculos, a fim de proteger a fase final de aproximação e pouso, em caso de desvio do eixo da pista e/ou arremetidas.

FIGURA 8.04 - Área de Transição

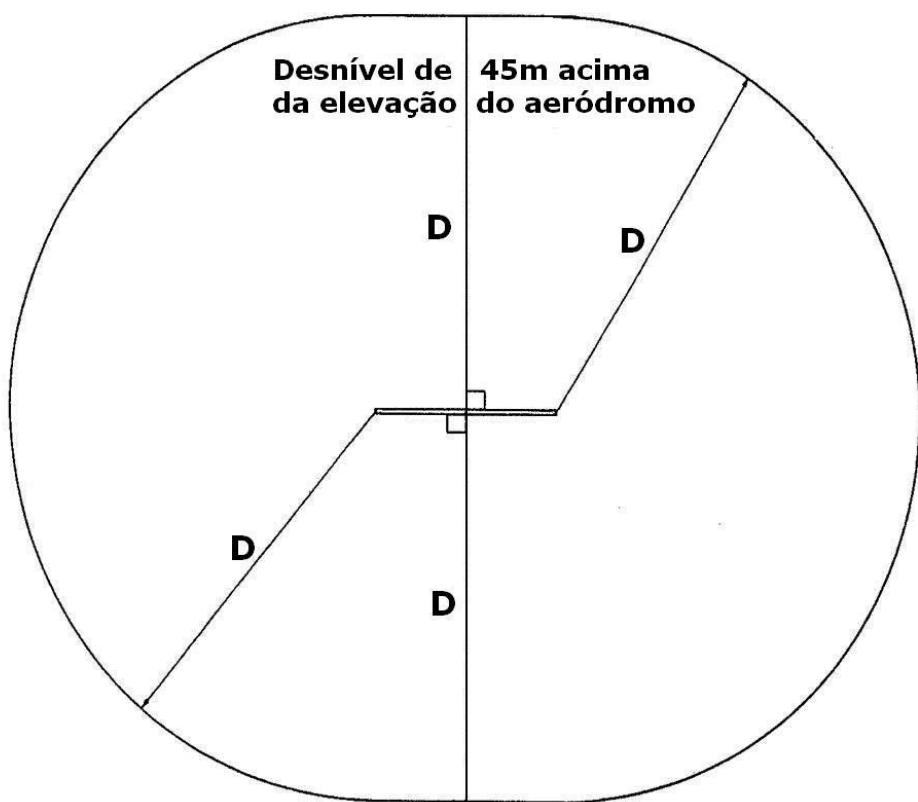
2. Área Horizontal Interna

- **Definição:** Plano horizontal formado por semicírculos centrados nas cabeceiras da pista, que se estende para fora dos limites das Áreas de Aproximação e Transição, com desnível de 45 m em relação à elevação do aeródromo.
- **Finalidade:** Proteger o circuito de tráfego visual do aeródromo e as manobras que antecedem a aproximação e o pouso.

FIGURA 8.05 - ÁREA HORIZONTAL INTERNA

PLANO BÁSICO DE ZONA DE PROTEÇÃO DE AERÓDROMO

ÁREA HORIZONTAL INTERNA



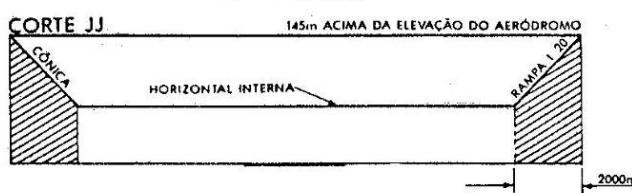
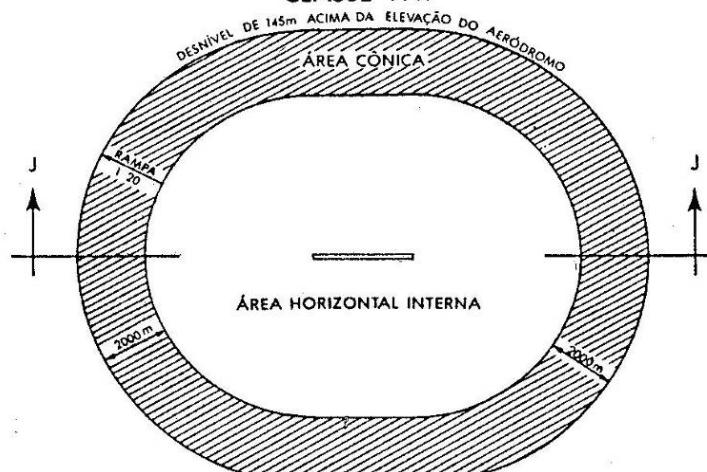
PARÂMETROS	CLASSE DO AERÓDROMO							
	VFR			IFR - NÃO PRECISÃO		IFR - PRECISÃO		
	CÓDIGO DE PISTA			CÓDIGO DE PISTA		CÓDIGO DE PISTA		
	1	2	3 e 4	1 e 2	3 e 4	1 e 2	3 e 4	
D m	2000	2500	4000	3500	4000	3500	4000	

2.1. Área Cônica

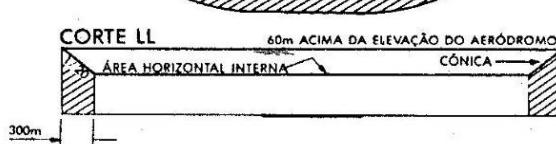
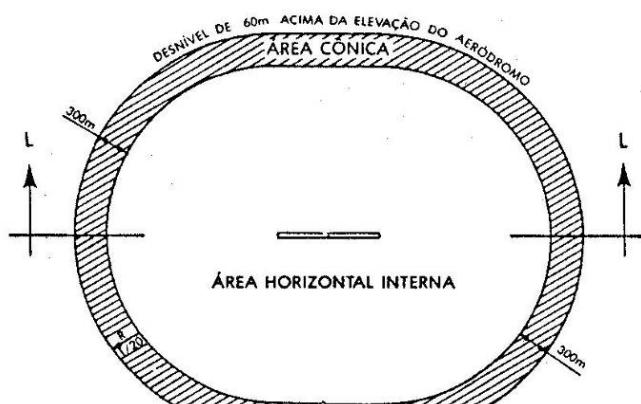
- Definição:** Superfície que se estende em rampa de 20:1 para fora dos limites externos da Área Horizontal Interna.
- Finalidade:** a exemplo da área horizontal interna tem a finalidade de proteger o circuito de tráfego visual do aeródromo e as manobras que antecedem a aproximação e o pouso.

FIGURA 8.06 - Área Cônica

PLANO BÁSICO DE ZONA DE PROTEÇÃO DE AERÓDROMO
ÁREA CÔNICA
CLASSE VFR



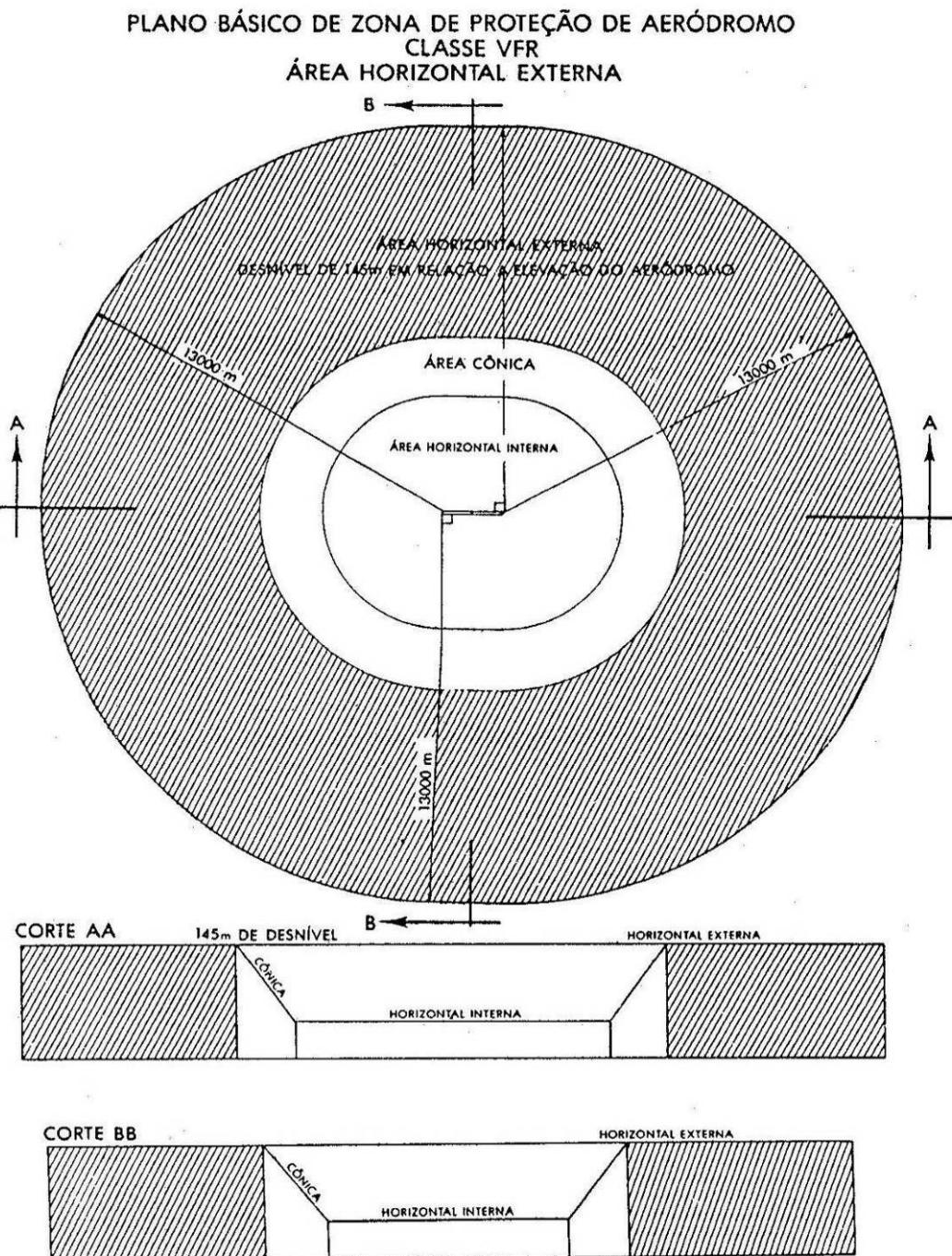
CLASSES IFR-NÃO PRECISÃO e IFR-PRECISÃO



2.2. Área Horizontal Externa

- Definição:** Plano horizontal de forma circular (operação VFR) e irregular (operação IFR) paralelo e acima da pista, que se estende para fora dos limites da Área Cônica.
- Finalidade:** evitar as interferências com as rotas de chegada VFR e com os procedimentos IFR de aproximação, saída e espera.

FIGURA 8.07 - Área Horizontal Externa (Vfr)



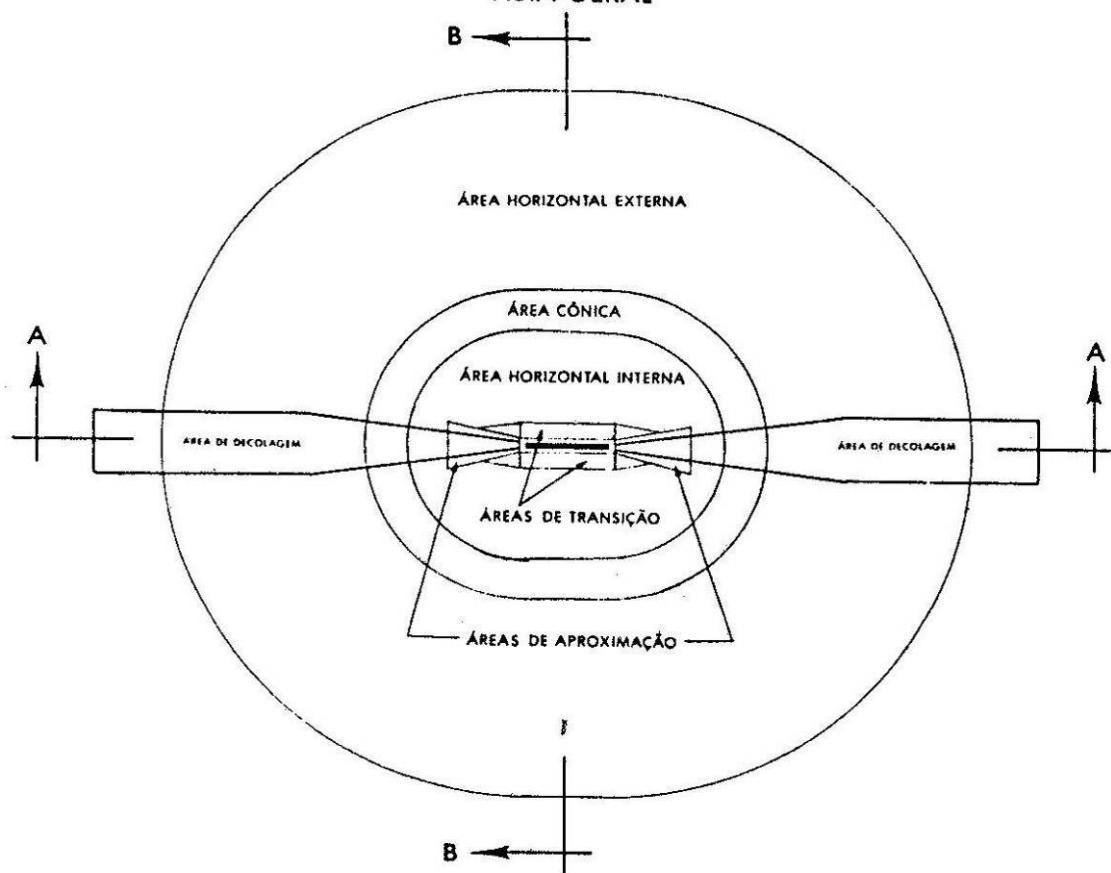
OBS: OS AERÓDROMOS CLASSE VFR, CÓDIGOS DE PISTA 1 e 2, NÃO TERÃO ÁREA HORIZONTAL EXTERNA

FIGURA 8.08 - Vista Geral Do Pbzpa Classe Vfr

PLANO BÁSICO DE ZONA DE PROTEÇÃO DE AERÓDROMO

CLASSE VFR

VISTA GERAL



CORTE AA



CORTE BB

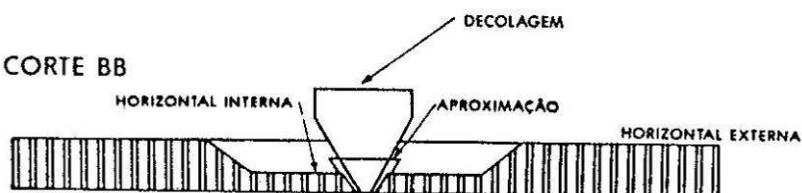


FIGURA 8.09 - Área Horizontal Externa (Ifr)

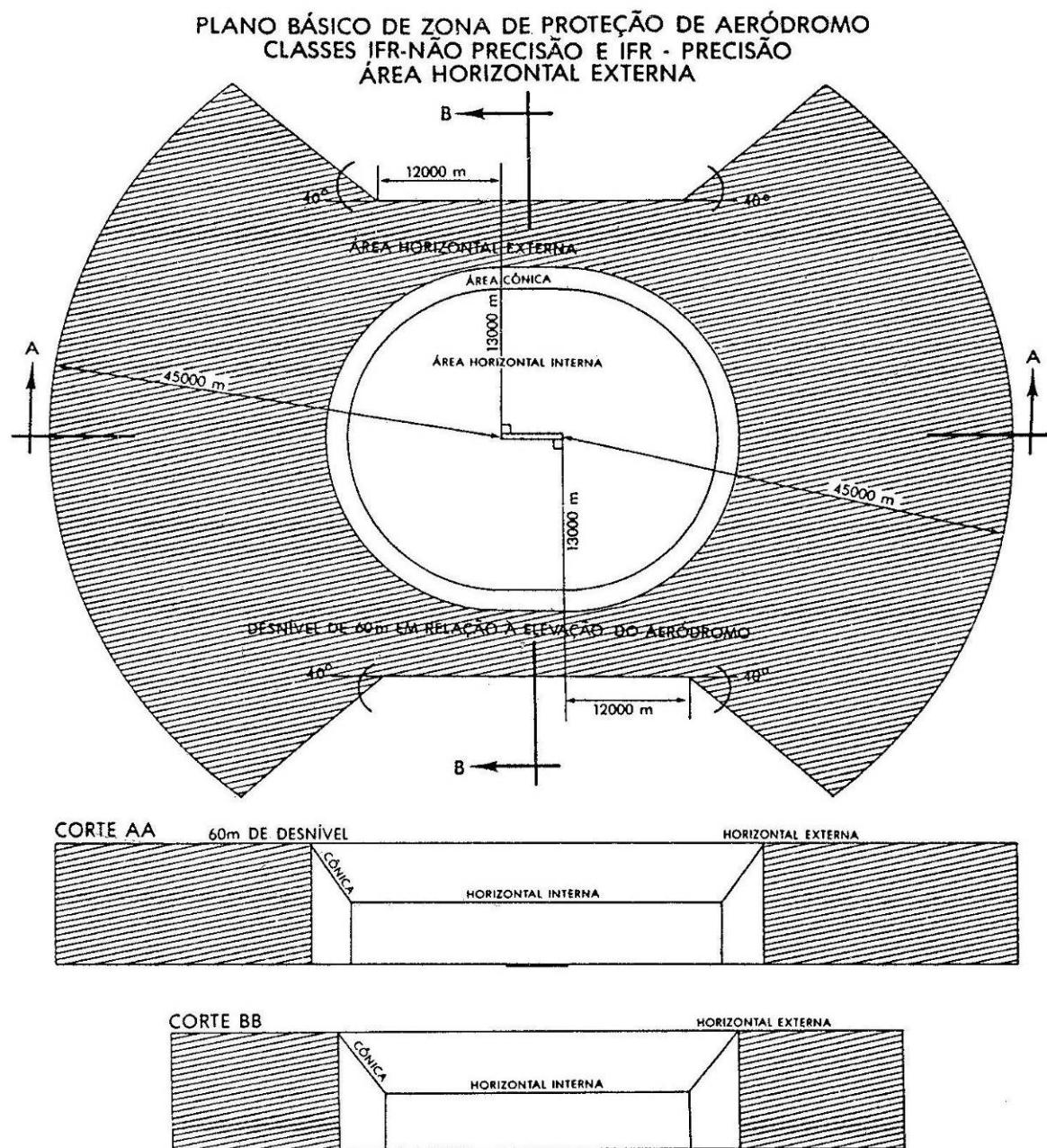
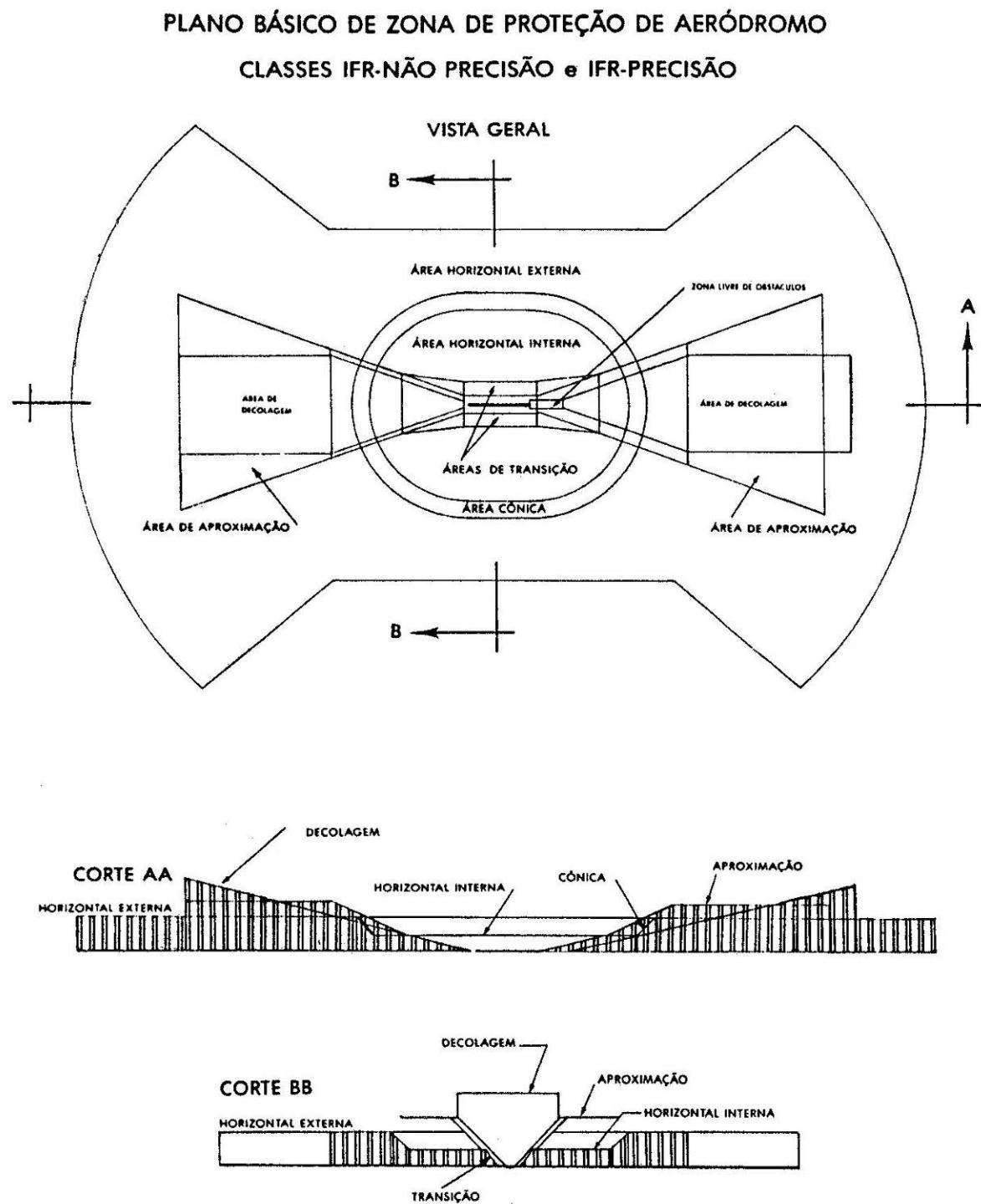


FIGURA 8.10 - Vista Geral do Pbzpa Classe Ifr



2.3. Requisitos para Elaboração do Pbzpa

- Tipo de Operação do Aeródromo
 - VFR (Visual Flight Rules)
 - IFR (Instrument Flight Rules)
 - IFR não-precisão
 - IFR precisão
- Código da Pista

2.3.1. Tipo de operação do aeródromo

- VFR:

Aeródromo com operação de aeronaves sujeitas às regras de vôo visual.

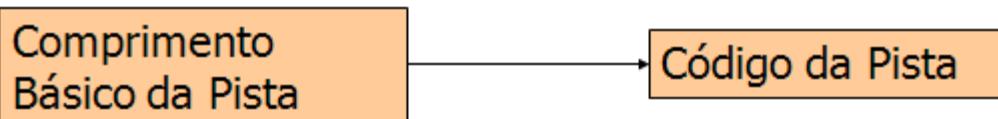
- IFR não-precisão:

Aeródromo com operação de aeronaves em aproximação sujeitas às regras de vôo por instrumento, que utilizam, para orientação, auxílios à navegação de não-precisão, tais como: NDB, VOR e Radar de Terminal.

- IFR precisão

Aeródromo com operação de aeronaves em aproximação sujeitas às regras de vôo por instrumento, que utilizam, para orientação, informações de azimute e rampa de planeio fornecidas por auxílios à navegação de precisão, tais como: ILS ou radar de aproximação de precisão.

2.3.2. Código da pista



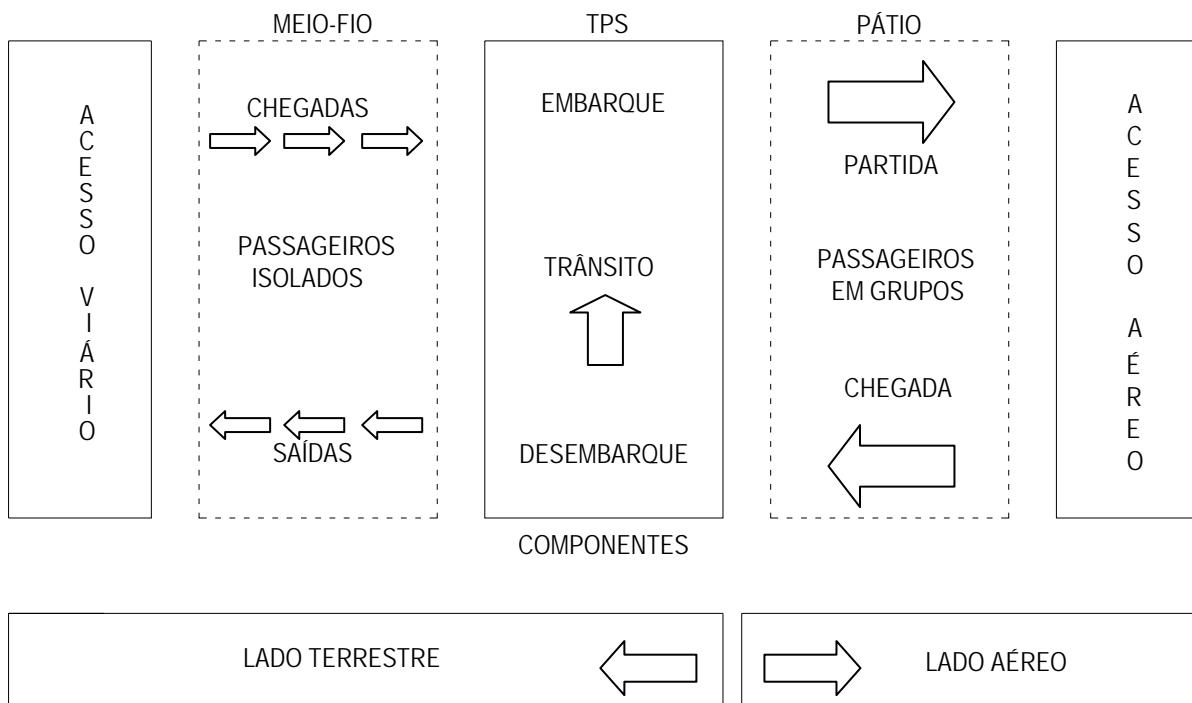
- **Comprimento Básico de Pista:** comprimento referente à pista de pouso e decolagem dimensionada para Peso Máximo de Decolagem, nível médio do mar, temperatura padrão (15°C) e gradiente de pista nulo

CÓDIGO DA PISTA	1	2	3	4
COMPRIMENTO BÁSICO DA PISTA	MENOR QUE 800 M	DE 800 M ATÉ 1200 M EXCLUSIVE	DE 1200 M ATÉ 1800 M EXCLUSIVE	1800 M OU MAIOR

AULA 09

1. O Terminal de Passageiros

Conceituação: O Terminal de Passageiros (TPS ou TEPAX) de um aeroporto é a interface entre o “Lado Terra” e o “Lado Ar”. Isto é, faz a ponte entre os modos de transporte terrestre (acesso/egresso) e o transporte aéreo.



1.1. Funções Básicas do Terminal

- **Mudança Meio de Transporte:** terrestre para o aéreo e vice-versa;
- **Processamento e Acúmulo:** passageiro e bagagens; e
- **Transferência:** passageiros e bagagens entre aeronaves.

1.2. Concepções Básicas de um TPS

1.2.1. Forma do Terminal

- LINEAR;
- SATÉLITE; e
- FINGER PIER.

1.2.2. Nível do Processamento

- 1 NÍVEL – Embarque e Desembarque mesmo andar;

- 1 ½ NÍVEL – Embarque e Desembarque com Mezanino; e
- 2 NÍVEIS – Embarque e Desembarque andares diferentes.

1.3. Fluxos no Terminal de Passageiros

- Embarque: passageiros e cargas;
- Desembarque: passageiros e cargas; e
- Trânsito: passageiros e cargas.

1.3.1. Demanda do Transporte Aéreo

Volume Anual de Passageiros , Passageiros no Dia Pico do Mês de Maior Movimento e Número de Passageiros na Hora Pico. (DAC, Curvas da INFRAERO, **TPHP** – Typical Peak Hour Passenger).

1.3.2. Dimensionamento do TPS (Doméstico/Internacional)

- **Área Global:** adota-se índice global para área total operacional (FAA Internacional = 18 a 24 m²/PHP. STBA Internacional 12 a 25 m²/PHP e Doméstico = 6 a 15 m²/PHP. Alves – Doméstico 9 m²/PHP e Strongman – 4,5 m²/PHP em pequenos Aeroportos).
- **Área por Componentes:** estimativa da área operacional de cada componente no embarque e desembarque.

1.4. Principais Componentes Operacionais

1.4.1. Embarque

- Área do saguão de embarque
- Área de processamento nos balcões
- Área de pré-embarque
- Área de pré-embarque internacional
- Área de triagem e despacho de bagagens

1.4.2. Desembarque

- Área do saguão de desembarque;
- Área de desembarque internacional;
- Área de restituição de bagagens;
- Área para recepção de bagagens.

1.4.2.1. Trânsito

- Área de trânsito.

1.4.2.2. Índices e Áreas

- Selecionar o melhor local;
- Detalhamento do local, posteriormente.

1.4.3. Parâmetros de Interesse

- Selecionar;
- Detalhamento do local, posteriormente.

1.4.4. Perfil do Passageiro

- Tese ITA – POPTA (GOLDNER, 1991).

1.5. Bibliografia

- IATA (1995) *Airport Development Reference Manual*, 8th Edition.
- ALVES, C.J et all (2003) A Busca de Índices para Dimensionamento de Terminais Aeroportuários, XVII Congresso ANPET, Rio de Janeiro, p. 1003-1016.
- ITA (1988) Dimensionamento Básico com o Momento de Maior Solicitação, Convênio INFRAERO.
- GOLDNER (1991) Uma Metodologia para Identificar o Perfil Operacional do Passageiro de Transporte Aéreo no Aeroporto, Dissertação de Tese de Mestrado, São José dos Campos.

FIGURA 9.01 - International Air Transport Association

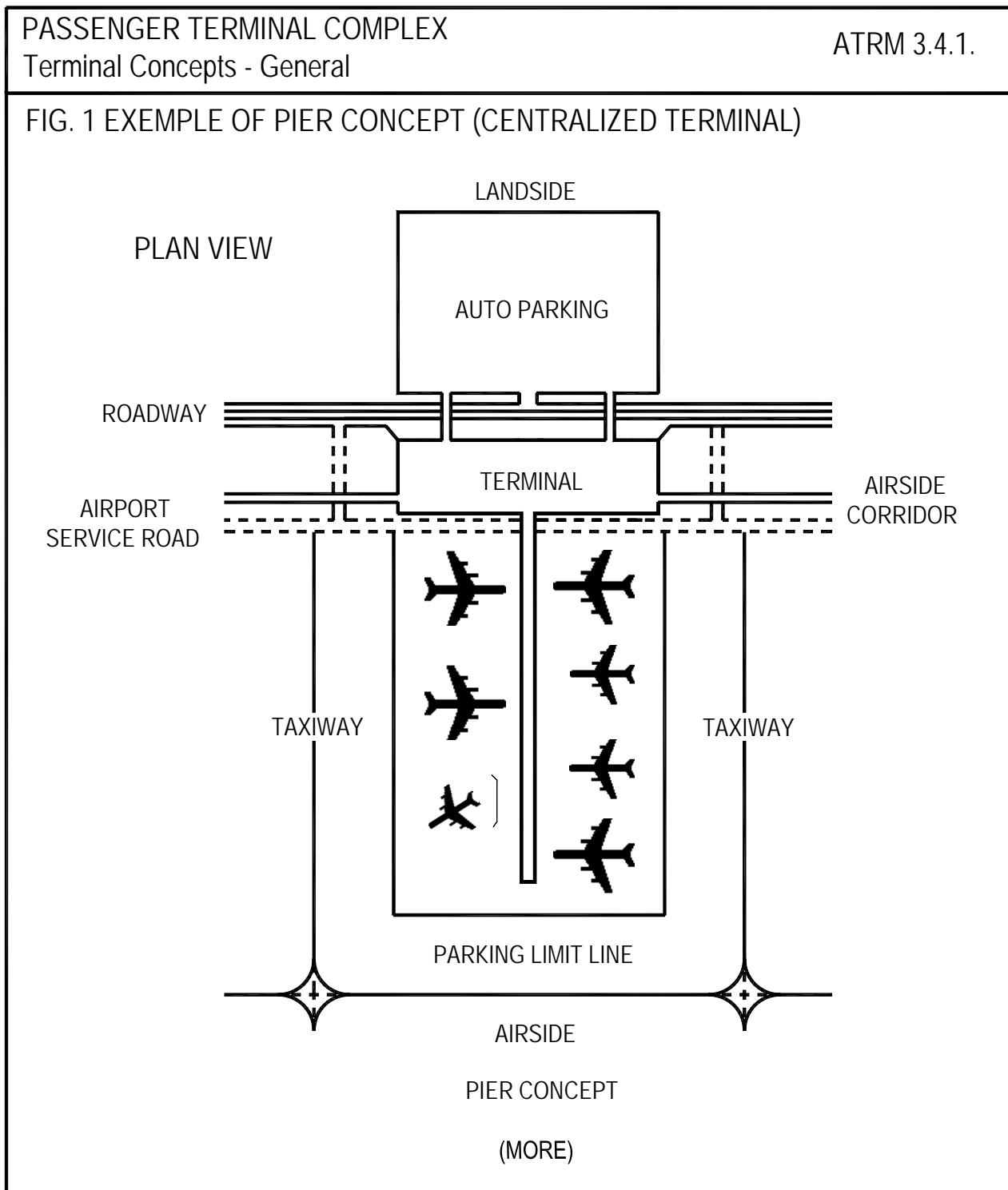


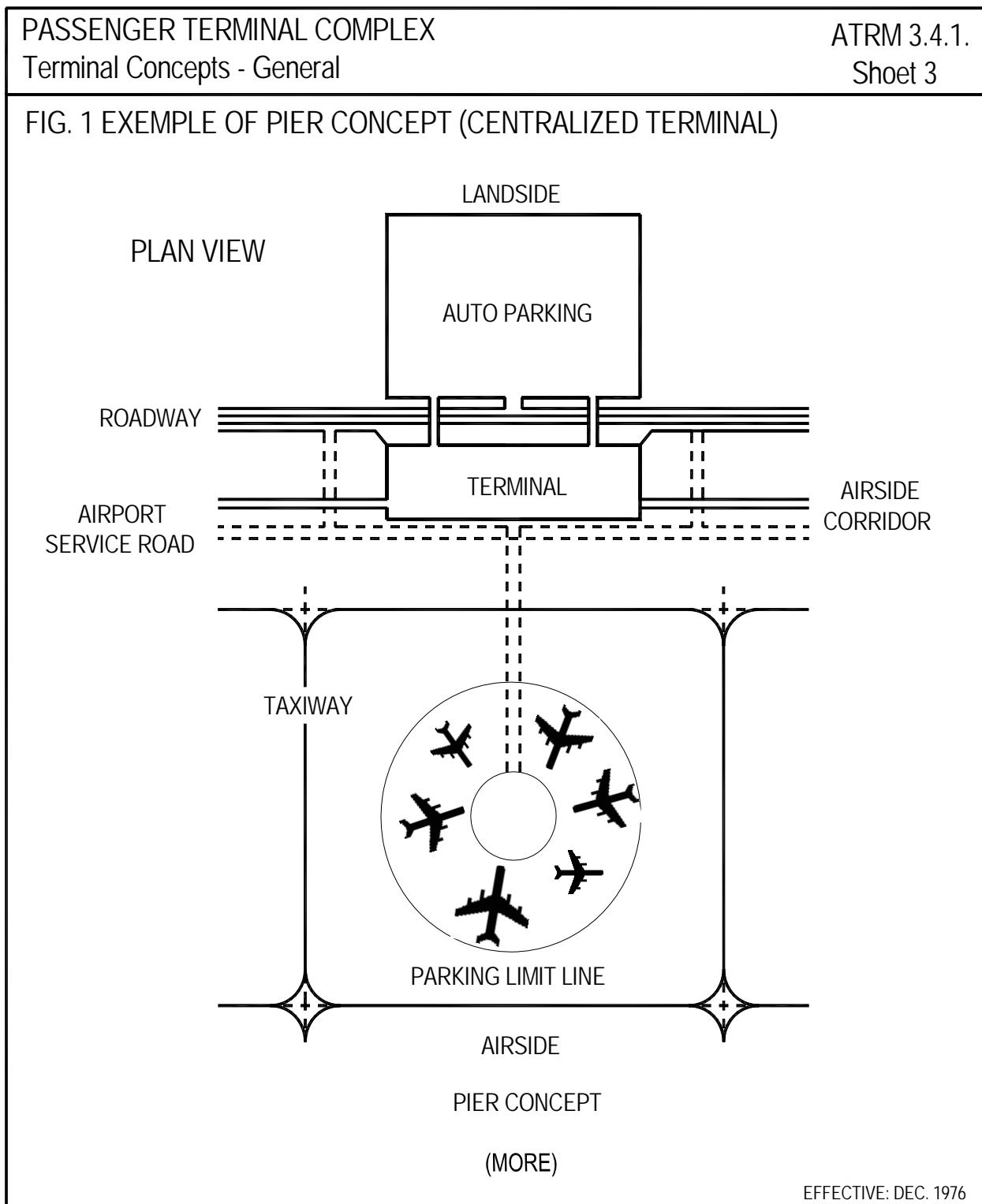
FIGURA 9.02 - Airport Terminals Reference Manual

FIGURA 9.03 - International Air Transport Association

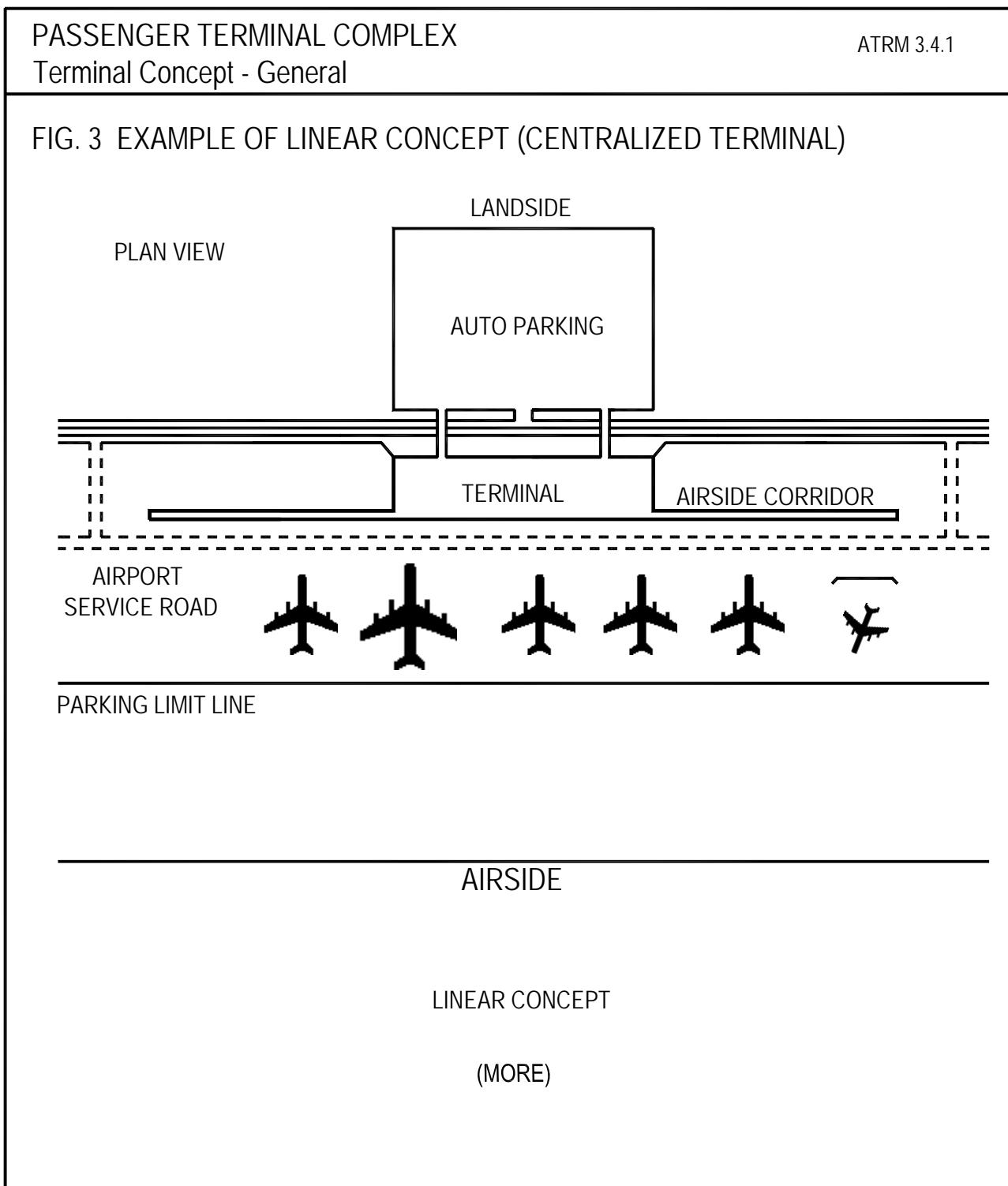
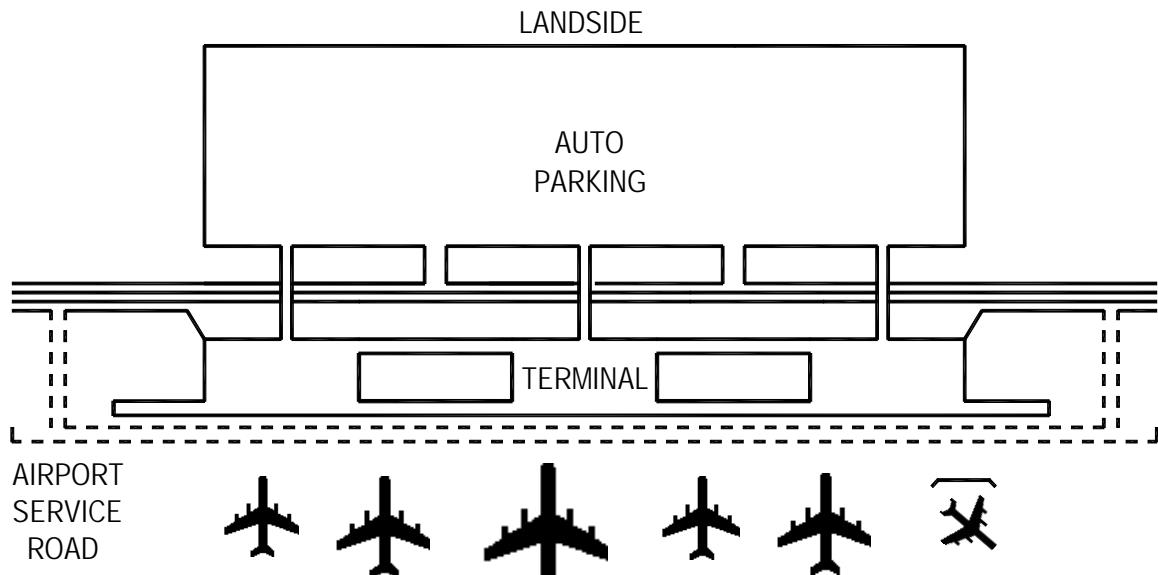


FIGURA 9.04 - Airport Terminals Reference Manual

PASSENGER TERMINAL COMPLEX
Terminal Concept - General

ATRM 3.4.1

FIG. 4 EXAMPLE OF LINEAR CONCEPT (DECENTRALIZED TERMINAL)



AIRSIDE

LINEAR CONCEPT

(MORE)

EFFECTIVE: DEC. 1976

FIGURA 9.05 - International Air Transport Association

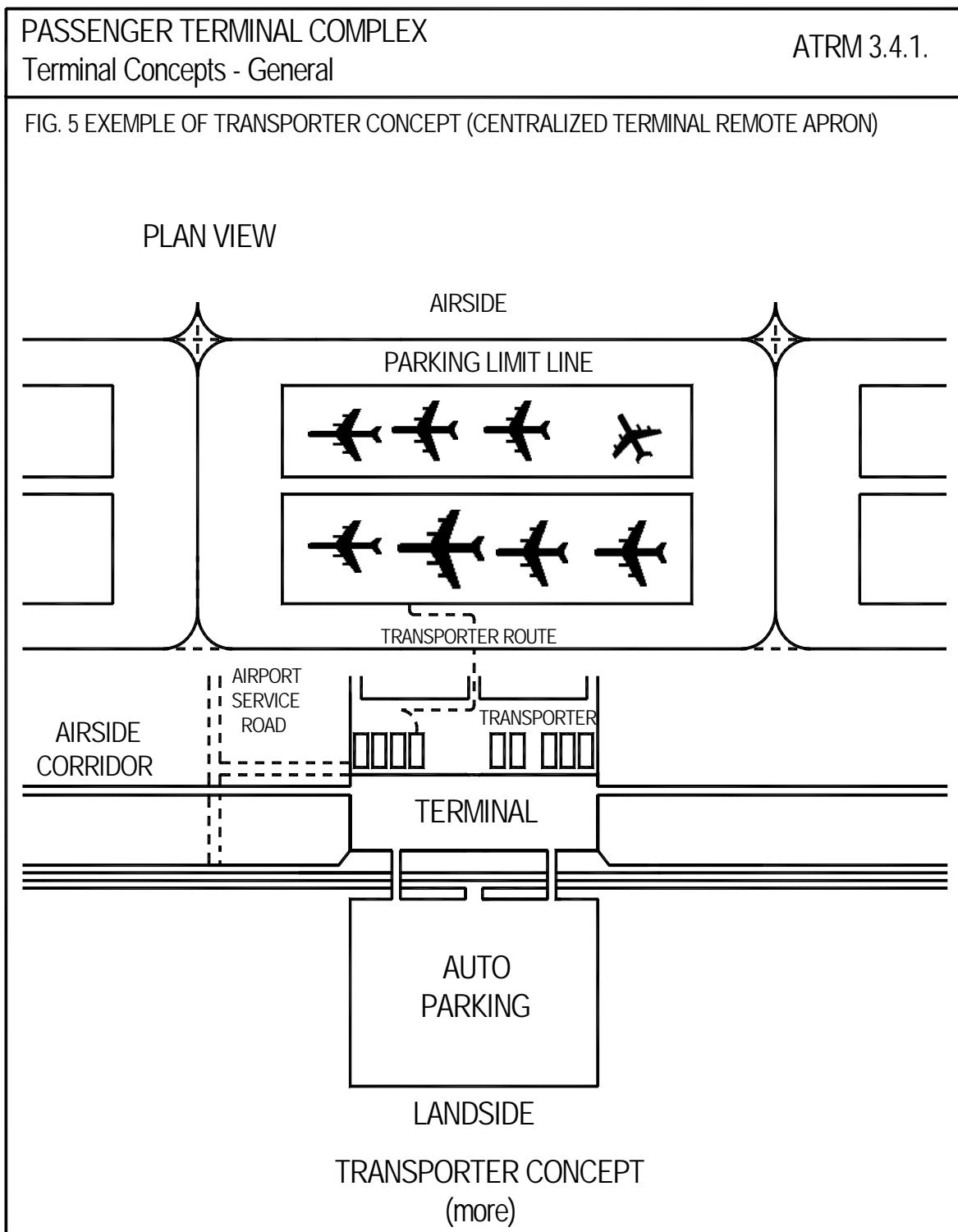


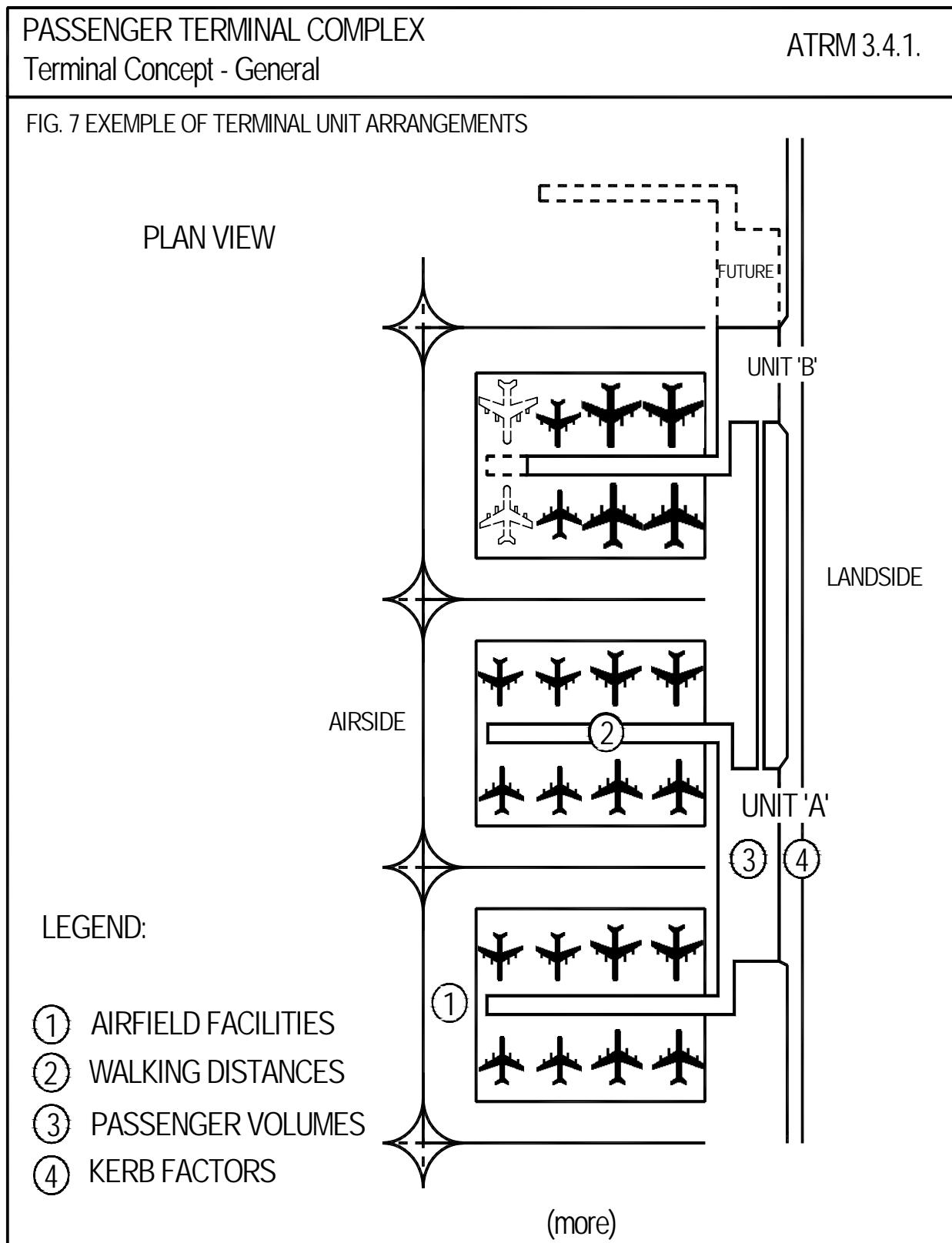
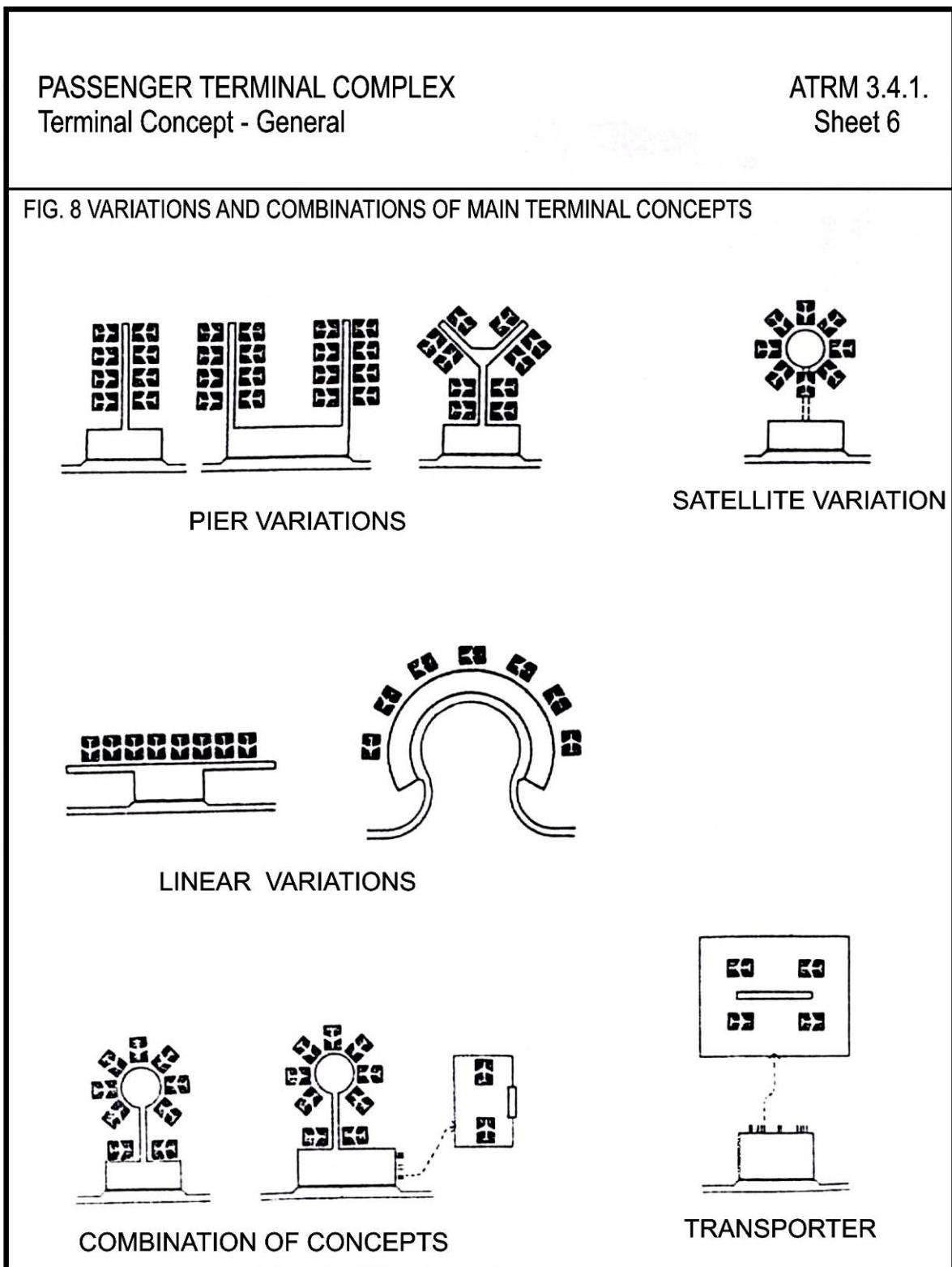
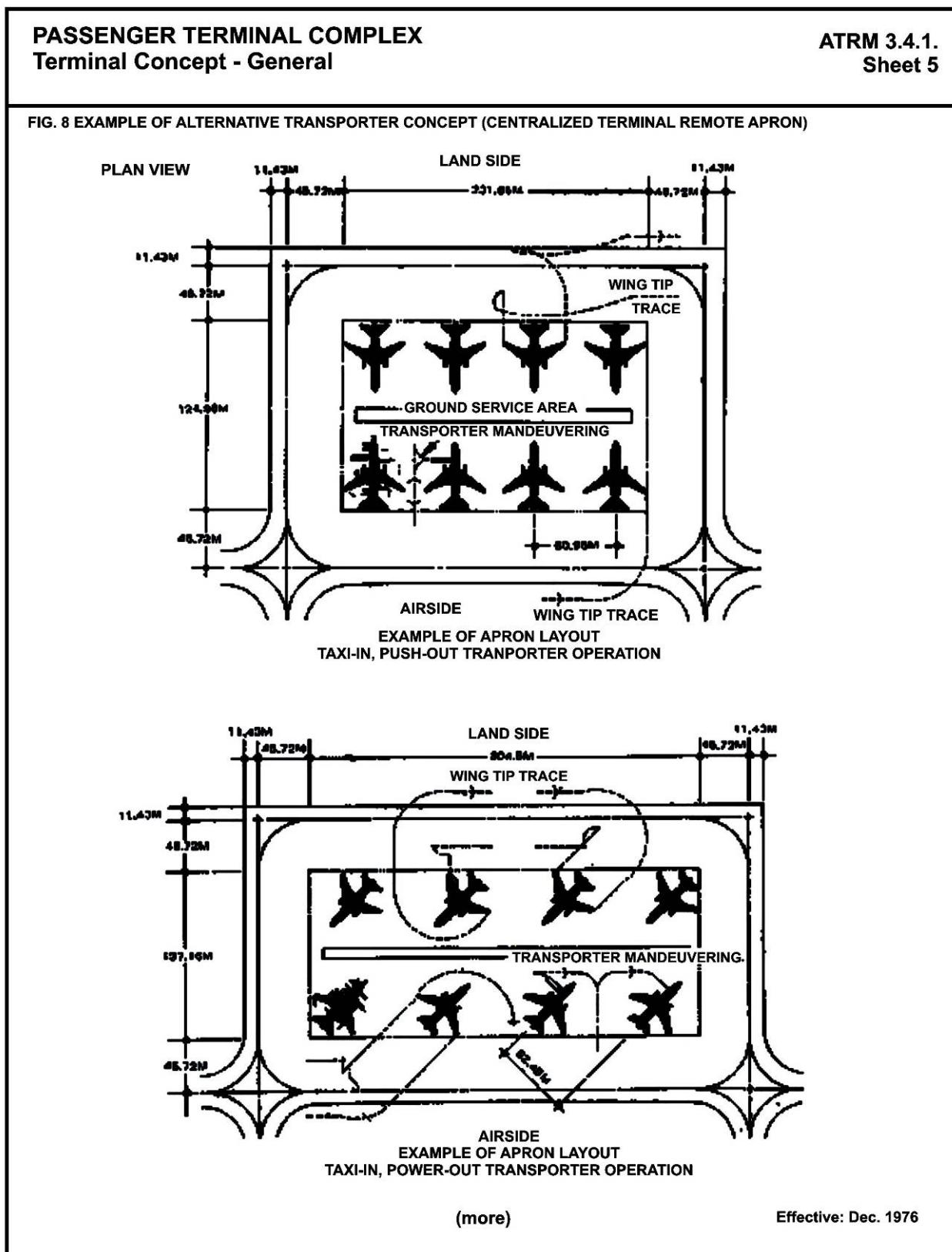
FIGURA 9.06 - International Air Transport Association

FIGURA 9.07 - Airport Terminals Reference Manual



(End)

Effective: Dec. 1976

FIGURA 9.08 - Airport Terminals Reference Manual

Passenger Terminal

FIGURA 9.09 - Illustration of a one Level Passenger Terminal Building

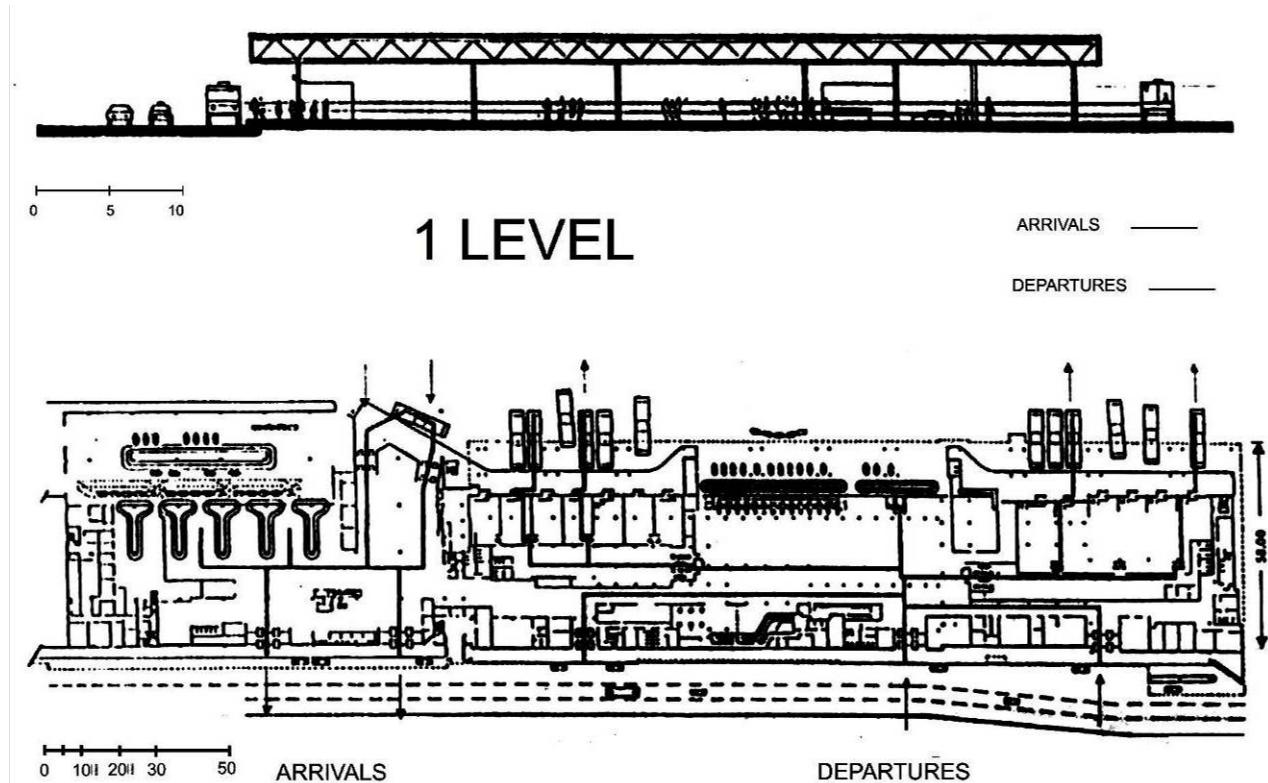
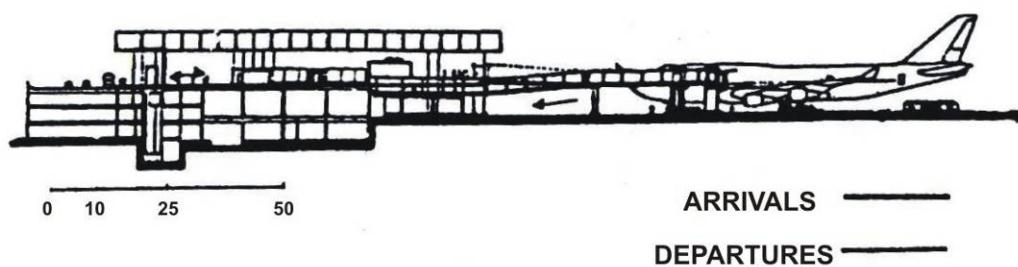


FIGURA 9.10 - Illustration of a 1½ Level Passenger Terminal Building



1 ½ LEVEL

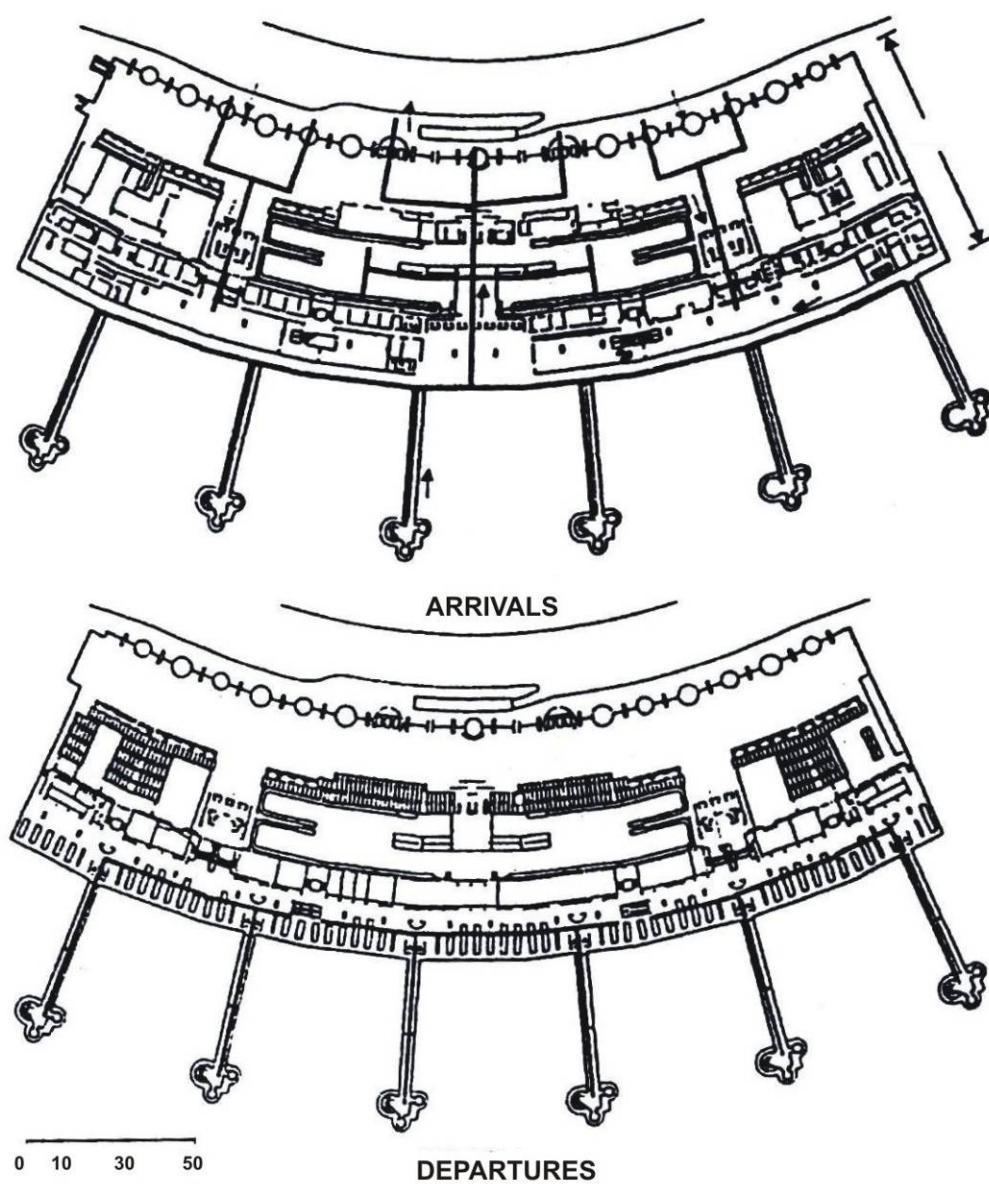


FIGURA 9.11 - Illustration of a Two Level Passenger Terminal Building

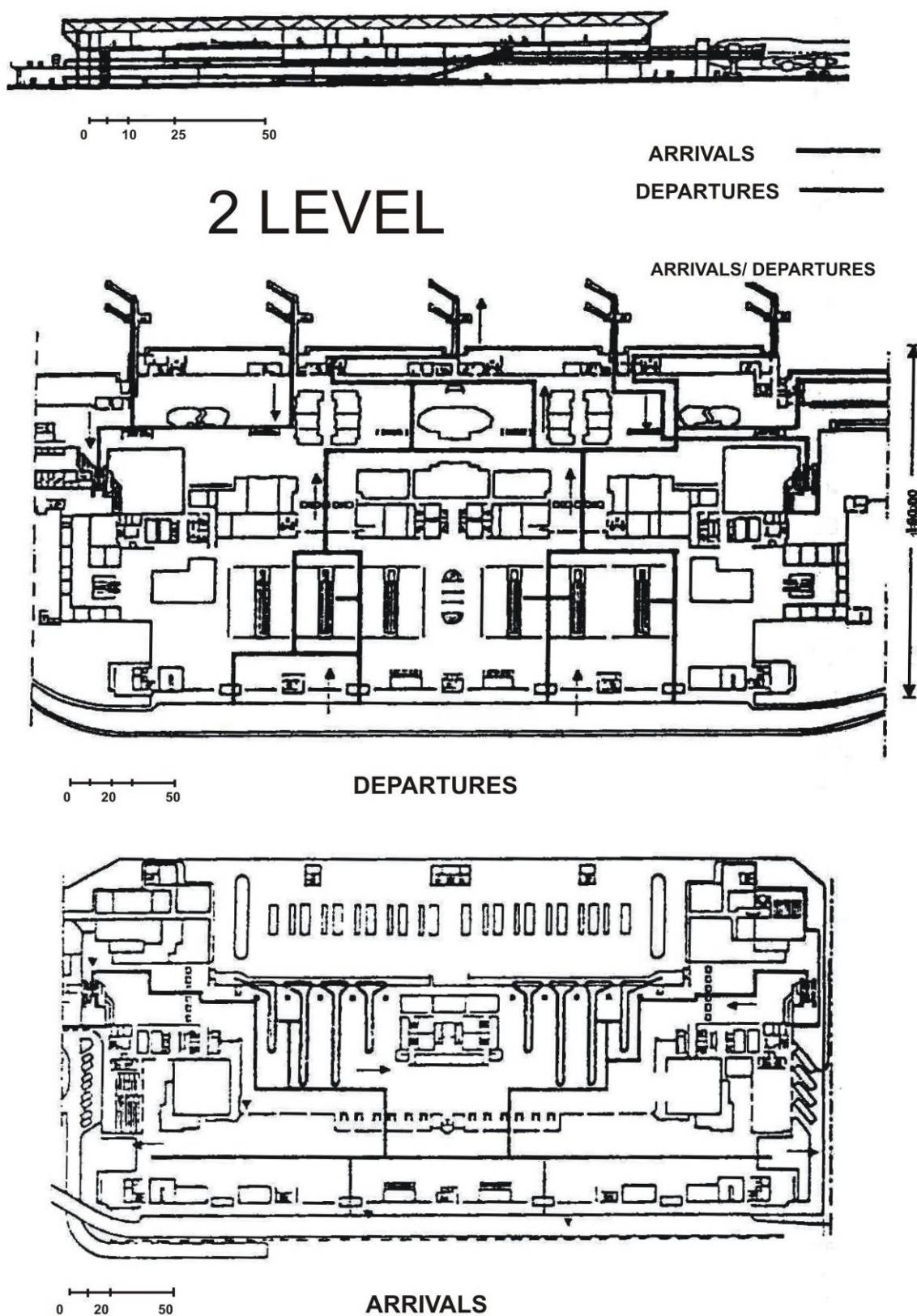


Tabela 1: Componenets principais do TPS

Componentes Operacionais e Não Operacionais		
Classificação	Embarque	Desembarque
Operacionais	· meio-fio de embarque	· portão de desembarque
	· saguão de embarque	· saúde dos portos*
	· <i>check-in</i>	· inspeção fito-sanitária*
	· controle de passaportes	· controle de passaportes*
	· vistoria de segurança	· alfândega*
	· sala de pré-embarque	· saguão de desembarque
	· portão de embarque	· meio-fio de desembarque
Não Operacionais	· lojas	· aluguel de veículos
	· lanchonetes / restaurantes	· reservas de hotéis
	· bancos	· agências de turismo
	· telefones	· informações
	· sanitários	· sanitários

*Componenetes exclusivos de aeroportos com operação internacional

Fonte: Feitosa, 2000

XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes

COMPONENTE	NÍVEL DE SERVIÇO (m²/ocupante)						
	A	B	C	D	E	F	
Check-in	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	Componente em colapso (valores < E)	
Espera / Circulação	2,7	2,3	1,9	1,5	1,0		
Sala de pré-embarque	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6		
Restituição de bagagens (excluído o equipamento)	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8		
Pré-inspeção no desembarque intern.	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7		
NÍVEL DE SERVIÇO	DESCRIÇÃO						
A	Nível de serviço excelente, fluxos livres, sem atrasos, rotas diretas, excelente nível de conforto.						
B	Alto nível de serviço, fluxos estáveis, alto nível de conforto.						
C	Bom nível de serviço, fluxos estáveis, processamento aceitável, subsistema em balanço.						
D	Nível de serviço adequado, fluxos instáveis, atrasos, condições aceitáveis por pequenos períodos.						
E	Nível de serviço inaceitável, fluxos instáveis, subsistemas desbalanceados, capacidade limite do sistema.						
F	Sistema em caos, congestionamento e atrasos inaceitáveis.						

Fonte: ICAA. 1979 / Transport Canada. 1979

XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes

Tabela 3: Quadro Comparativo (sala de pré-embarque)

SALA DE PRÉ-EMBARQUE		
Método	Nível de Serviço	Unidade
Alves	A (Internacional)	1,50 m ² /pax
	B (Doméstico)	1,30 m ² /pax
	C (Doméstico)	1,10 m ² /pax
	D (Regional)	0,90 m ² /pax
Braaksma		Sentado = 2,30 m ² /pax
		Em pé = 1,40 m ² /pax
FAA		Sentado = 1,40 m ² /pax
		Em pé = 1,00 m ² /pax
ICAA	A (Excelente)	1,40 m ² /pax
	B (Alto)	1,20 m ² /pax
	C (Bom)	1,00 m ² /pax
	D (Adequado)	0,80 m ² /pax
	E (Inaceitável)	0,60 m ² /pax
	F (Colapso)	< 0,60 m ² /pax
CECIA		1,50 m ² /pax
TRB	Padrão (IATA)	0,80 m ² /pax por assento na aeronave
	Colapso (IATA)	< 0,60 m ² /pax para espera > 15 min
	Padrão (FAA)	0,65 a 1,00 m ² /pax por assento na aeronave
	Padrão (FAA)	< 1,00 a 1,50 m ² /pax
STBA		1,00 a 1,50 m ² pax
Widmer & Silva	Regional	0,80 a 1,00 m ² /pax

Tabela 4: Quadro Comparativo (área de restituição de bagagens)

ÁREA DE RESTITUIÇÃO DE BAGAGENS		
Método	Nível de Serviço	Unidade
Alves	A (Internacional)	2,00 m ² /pax
	B (Doméstico)	1,60 m ² /pax
	C (Doméstico)	1,20 m ² /pax
	D (Regional)	0,90 m ² /pax
Braaksma	-----	1,40 m ² /pax
FAA	-----	Espaço de 4 a 5 m nas adjacências da esteira, somente para a espera de bagagens.
ICAA	A (Excelente)	1,60 m ² /pax
	B (Alto)	1,40 m ² /pax
	C (Bom)	1,20 m ² /pax
	D (Adequado)	1,00 m ² /pax
	E (Inaceitável)	0,80 m ² /pax
	F (Colapso)	< 0,80 m ² /pax
CECIA	-----	Método Analítico de Zaniewski
TRB	Alto a excelente (IATA)	> 1,40 m ² /pax para qualquer tempo de espera
	Colapso (IATA)	< 0,80 m ² /pax para espera > 15 min
	Pico de 20 minutos (FAA)	0,60 m ² /pax para qualquer tempo de espera
STBA	-----	3m entre a esteira e a parede
		6m entre duas esteiras
Widmer & Silva	Regional	0,80 a 1,00 m ² /pax

XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes

Tabela 5: Quadro Comparativo (saguão de embarque)

SAGUÃO DE EMBARQUE		
Método	Nível de Serviço	Unidade (m²/usuário)
Alves	A (Internacional)	2,25
	B (Doméstico)	1,80
	C (Doméstico)	1,45
	D (Regional)	1,30
Braaksma		Saguão principal = 1,40
		Saguão secundário = 2,30
FAA		1,90
ICAA	A (Excelente)	2,70
	B (Alto)	2,30
	C (Bom)	1,90
	D (Adequado)	1,50
	E (Inaceitável)	1,00
	F (Colapso)	< 1,00
CECIA		5,00
TRB	Adequado	1,20
	Colapso	< 1,00 para espera > 15 min.
STBA		2,00
Widmer & Silva	Regional	3,00

XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes

Tabela 6: Quadro comparativo (*check-in*)

CHECK-IN							
Método	Nível de Serviço	Largura do Balcão (m/posição)	Profundidade (m)	Fila (m/pessoa)	Circulação (m)		
Alves	A (Internacional)	3,00	4,50	0,70	6,00		
	B (Doméstico)	2,50	4,00	0,60	4,50		
	C (Doméstico)	2,00	3,50	0,50	3,00		
	D (Regional)	1,50	3,00	0,40	1,50		
Método	Nível de Serviço	Área de filas (m ² /pessoa)		Fila (m/pessoa)	Circulação (m ² /pessoa)		
Braaksma		1,10		0,70	2,30		
Método	Nível de Serviço	Largura do Balcão (m/posição)	Profundidade (m)	Fila (m/pessoa)	Circulação (m)		
FAA		1,50	3,00	0,90	6,00 a 9,00		
Método	Nível de Serviço	Área de filas (m ² /pessoa)					
ICAA	A (Excelente)	1,60					
	B (Alto)	1,40					
	C (Bom)	1,20					
	D (Adequado)	1,00					
	E (Inaceitável)	0,80					
	F (Colapso)	< 0,80					
Método	Nível de Serviço	Área de filas (m ² /pessoa)					
CECIA		Método Analítico de Zaniewski					
Método	Nível de Serviço	Área (m ² /pessoa)					
TRB	A (excelente) IATA	> 1,60					
	E (Inadequado) IATA	< 1,00 para espera maior que 15 min.					
	Colapso (IATA)	< 0,80 para espera maior que 15 min.					
	Padrão (FAA)	Balcão multifuncional = 1,40 - 2,20					
	Padrão (FAA)	Somente recepção de bagagem = 1,10 - 0,70					
	Padrão (FAA)	Somente verificação de passagens = 0,40 - 0,70					
Método	Nível de Serviço	Largura do Balcão	Profundidade (m)	Comprimento para Fila (m)			
STBA		1,50 a 2,00	3,00 a 4,00	10,00. exceto a circulação			
Método	Nível de Serviço	Área (m ² /pessoa)					
Widmer & Silva	Regional	3,00. incluindo a circulação					

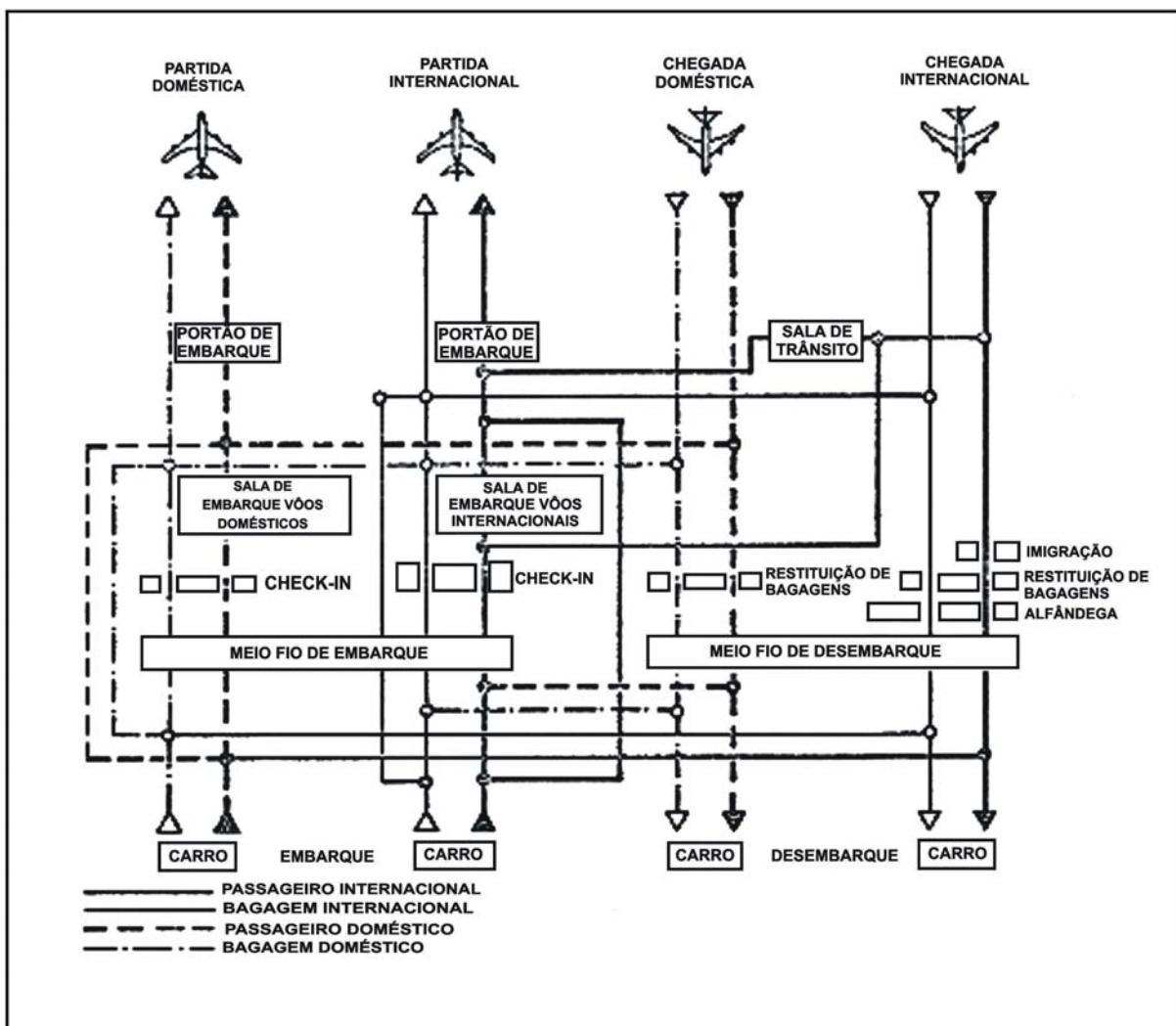
FIGURA 9.12 - Fluxo de Passageiros e Bagagens no TPS**Fluxo de Passageiros e Bagagens no TPS [14]**

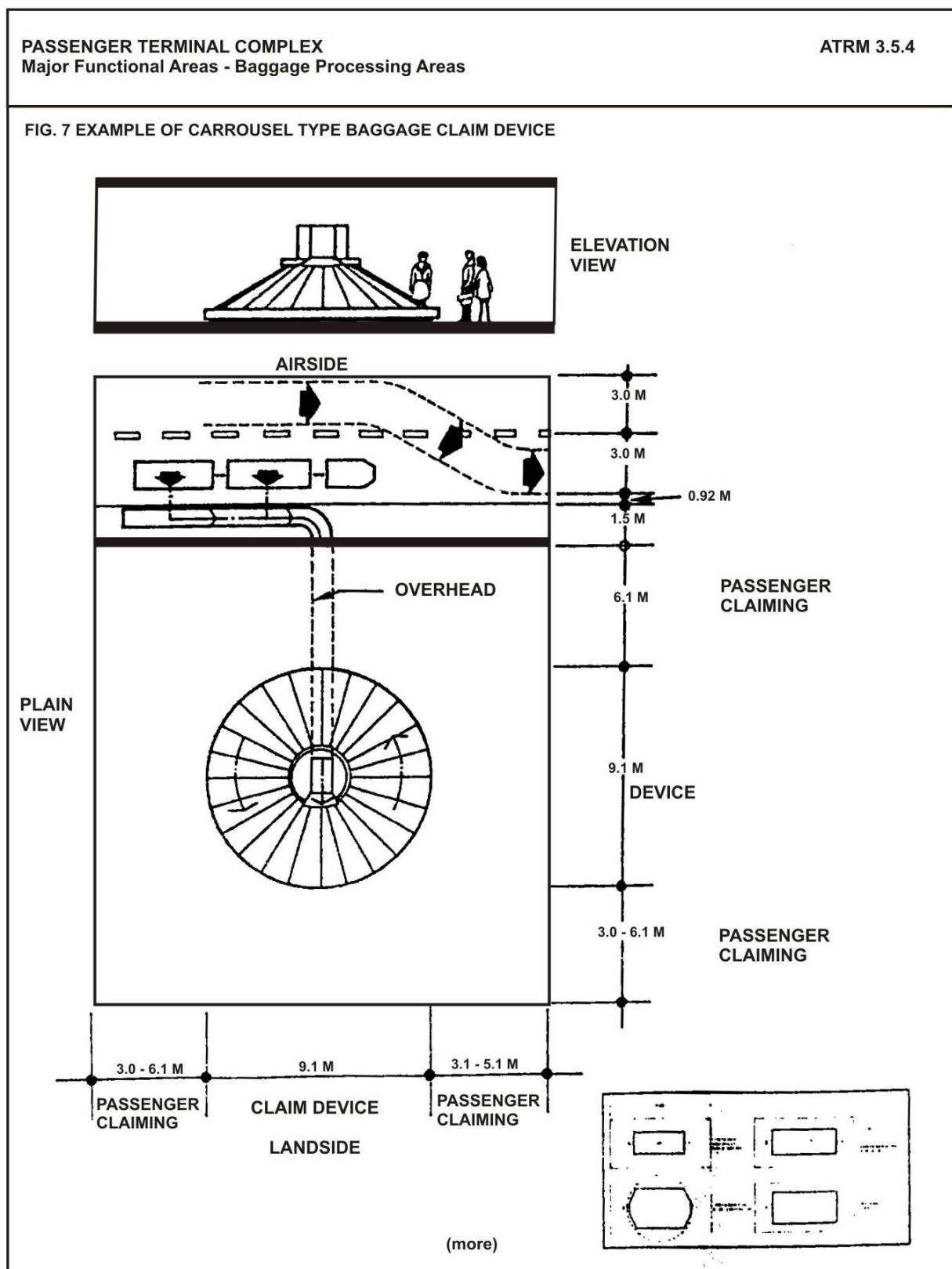
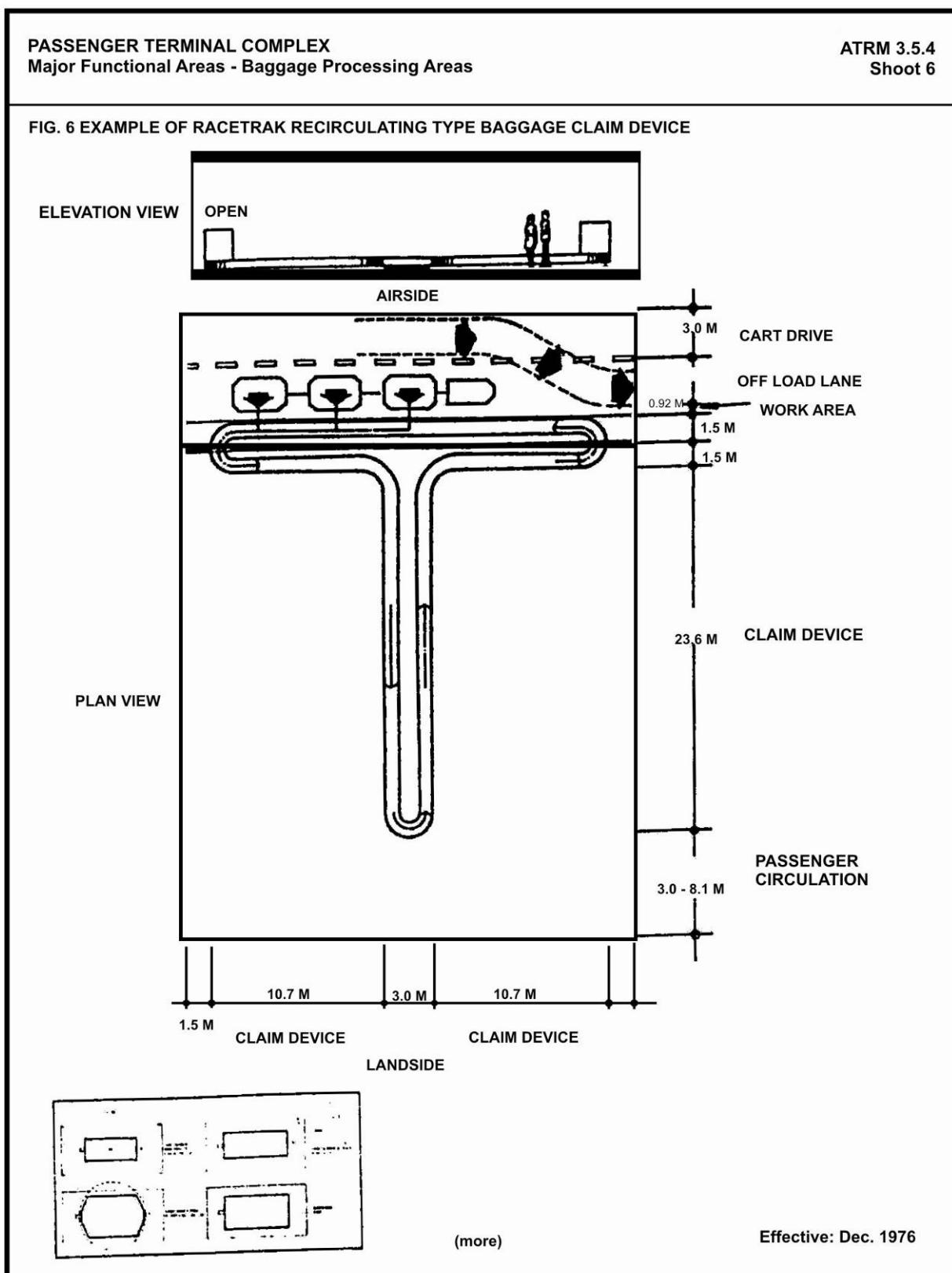
FIGURA 9.13 - Airport Terminals Reference Manual

FIGURA 9.14 - Airport Terminals Reference Manual

AULA 01

1. Pavimento De Aeroportos

1.1. Dimensionamento de Pavimentos

Dimensionar um pavimento significa determinar a sua espessura total, bem como as espessuras de cada uma de suas camadas e especificar de quais materiais devem as mesmas ser constituídas.

1.2. Conceitos Fundamentais

- **Pavimento:** Estrutura constituída de uma ou mais camadas de materiais preparados ou beneficiados.
- **Funções do Pavimento:**
 - Distribuir as cargas do tráfego
 - Fornecer condições de conforto e segurança operacionais
 - Resistir aos esforços horizontais (desgaste)

Tipos de Pavimentos

- **Pavimento Flexível**

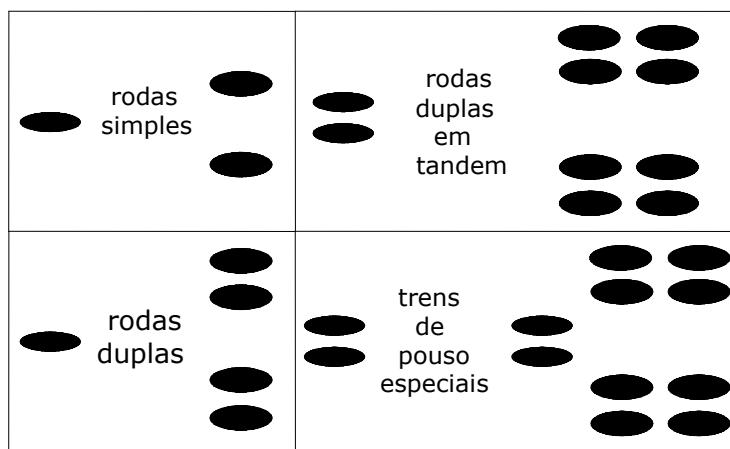


Qualidade x Custo

- **Pavimento Rígido**

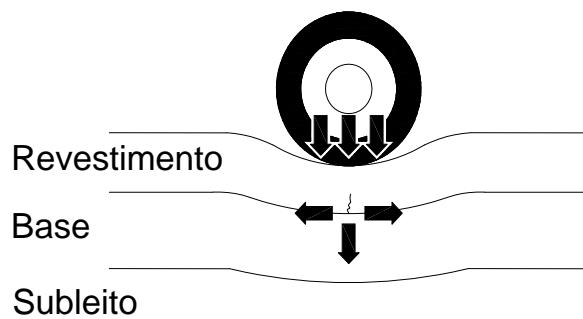


1.3. Características das Aeronaves: Tipos de Trem de Pouso

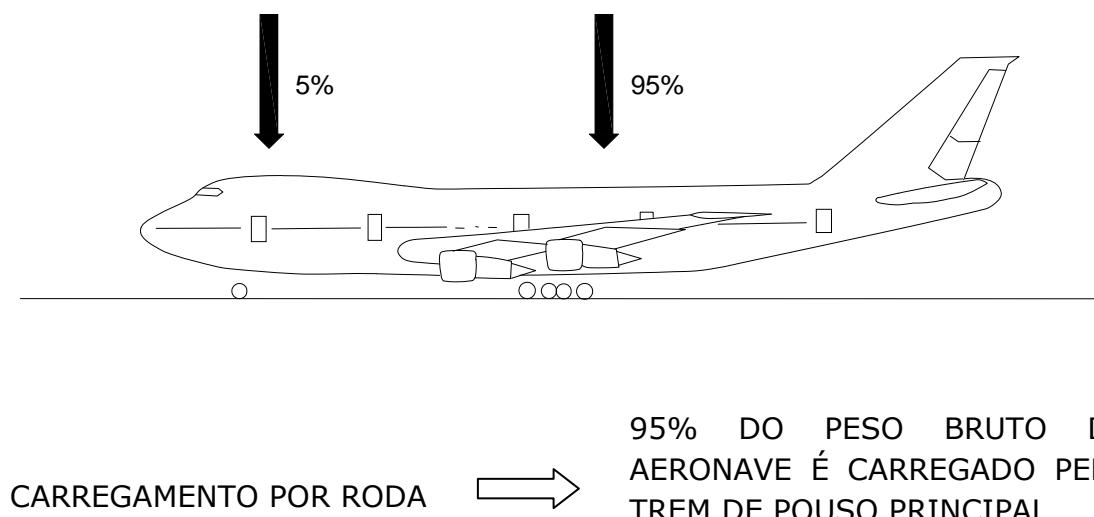
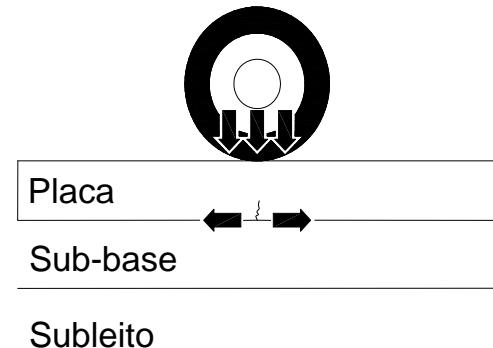


1.4. Mecânica dos Pavimentos

Pavimento Flexível



Pavimento Rígido



1.5. Dimensionamento de Pavimentos

Método – Federal Aviation Administration

AC/150/5320-6D – 7/7/95

- 1.** Volume de tráfego anual (decolagens)
- 2.** Peso Máximo de decolagem
- 3.** Configuração do trem de pouso das aeronaves
- 4.** Determinar a aeronave de projeto (maior espessura de pavimento)
- 5.** Capacidade de suporte do subleito
 - Índice de Suporte Califórnia – CBR
 - Módulo de Reação do Subleito – K
- 6.** Resistência à Flexão do Concreto
 - Módulo de Ruptura do Concreto – MR
- 7.** Determinar o número equivalente anual de decolagens para aeronave de projeto

$$\text{Log R1} = \text{Log R2} \times (\text{W2}/\text{W1})^{1/2}$$

R1 – Nº equivalente anual de decolagens da Aeronave de projeto

R2 – Nº anual de decolagens das Aeronaves expresso em trem de pouso da Aeronave de projeto

W1 – Carga da Roda da Aeronave projeto

W2 – Carga da Roda das Aeronaves

1.6. Determinação da Equivalência de Partidas Anuais para a Aeronave de Projeto

- Fatores de conversão para configuração de trem de pouso da aeronave de projeto – (FAA)
- Projetar um pavimento de um aeroporto para a seguinte previsão de tráfego.

DE	PARA	MULTIPLICAR POR
RODA SIMPLES	RODA DUPLA	0.8
RODA SIMPLES	DUPLO TANDEM	0.5
RODA DUPLA	DUPLO TANDEM	0.6
DUPLO DUPLO TANDEM	DUPLO TANDEM	1.0
DUPLO TANDEM	RODA SIMPLES	2.0
DUPLO TANDEM	RODA DUPLA	1.7
RODA DUPLA	RODA SIMPLES	1.3
DUPLO DUPLO TANDEM	RODA DUPLA	1.7

Exercício

Projetar um pavimento de um aeroporto para a seguinte previsão de tráfego:

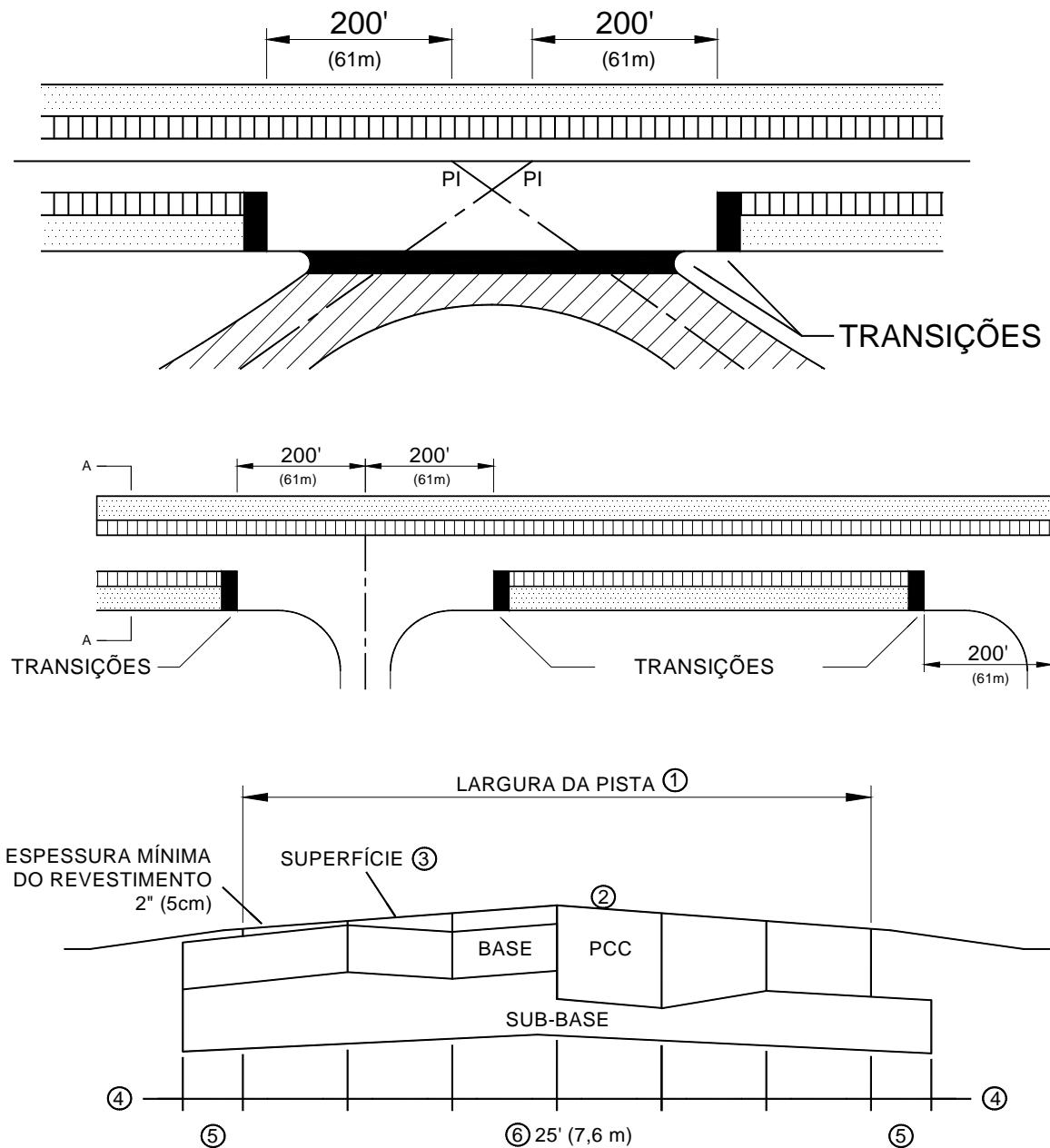
AERONAVE	TIPO DE TREM DE POUSO	PREVISÃO DAS DECOLAGENS ANUAIS	PESO MÁXIMO DECOLAGEM (LBS)
727 - 100	DUPLO	3760	160000
727 - 200	DUPLO	9080	190500
707 - 320 - B	DUPLO TANDEM	3050	327000
DC - 9 - 30	DUPLO	5800	108000
CV - 880	DUPLO TANDEM	400	184500
737 - 200	DUPLO	2650	115500
L - 1011 - 100	DUPLO TANDEM	1710	450000
747 - 100	DUPLO DUPLO TANDEM	85	700000

SOLUÇÃO:

1. Foi determinada a espessura do pavimento para cada aeronave da previsão, através das curvas de projeto e chegou-se à conclusão que o 727 - 200 requer a maior espessura do pavimento.
2. 727 - 200 → Trem de pouso de roda dupla → Todas as outras aeronaves da previsão deverão ser grupadas em termos de configuração de roda dupla.

3. Assim as freqüências serão transformadas, aplicando-se os coeficientes, para um só tipo de trem de pouso.
4. Chegamos aos valores da tabela seguinte.
5. Assim, o pavimento será projetado para 16000 partidas anuais de uma aeronave de roda dupla com 190500 lbs de peso. No entanto, o projeto deve servir para a aeronave mais pesada, dentre as que fazem parte do tráfego, no que diz respeito à profundidade de compactação, a espessura do revestimento, à drenagem, etc.

AERONAVE	TREM DE POUSO	TREM DE POUZO AERONAVE DE PROJETO	DECOLAGENS EQUIPAMENTOS TREM DUPLO	CARREGAMENTO POR RODA	CARREGAMENTO POR RODA AERONAVE PROJETO	DECOLAGENS ANUAIS DE AERONAVES DE PROJETO
727 - 100	DUPLO	DUPLO	3760 - 3760	$160000 \times 0,95/4 = 38000$	45240	$\text{LogR1} = \log 3760$ $(38000/45240)^{1/2} = 1891$
727 - 200	DUPLO	DUPLO	9080 - 9080	$190500 \times 0,95/4 = 45240$	45240	9080
707 - 320 B	DUPLO TANDEM	DUPLO	$3050 \times 1,7 = 5185$	$327000 \times 0,95/8 = 38830$	45240	$\text{LogR1} = \log 5185$ $(38830/45240)^{1/2} = 2764$
DC 9 - 30	DUPLO	DUPLO	5800 - 5800	$108000 \times 0,95/4 = 25650$	45240	$\text{LogR1} = \log 5800$ $(25650/45240)^{1/2} = 682$
CV 880	DUPLO TANDEM	DUPLO	$400 \times 1,7 = 680$	$184500 \times 0,95/8 = 21910$	45240	$\text{LogR1} = \log 680$ $(21910/45240)^{1/2} = 94$
737 - 200	DUPLO	DUPLO	2650 - 2650	$115500 \times 0,95/4 = 27430$	45240	$\text{LogR1} = \log 2650$ $(27430/45240)^{1/2} = 463$
L 1011 - 100	DUPLO TANDEM	DUPLO	$1910 \times 1,7 = 2907$	$300000 \times 0,95/8 = 35625$	45240	$\text{LogR1} = \log 2907$ $(35625/45240)^{1/2} = 1184$
747 - 100	DUPLO DUPLO TANDEM	DUPLO	$85 \times 1,9 = 145$	$300000 \times 0,95/8 = 35625$	45240	$\text{LogR1} = \log 145$ $(35625/45240)^{1/2} = 83$
TOTAL						16241

FIGURA 1.01 - Projeto e seção típicas para pavimentos de pistas**NOTAS:**

- ① LARGURAS DA PISTA DE ACORDO COM A CIRCULAR CONSULTIVA APlicÁVEL;
- ② DECLIVES TRANSVERSAIS DE ACORDO COM A CIRCULAR CONSULTIVA APlicÁVEL;
- ③ ESPESSURA DO REVESTIMENTO, DA BASE, PCC, ETC. DE ACORDO COM O INDICADO NO PROJETO;
- ④ MÍNIMO DE 12" (30 cm) ATÉ O MÁXIMO ADMINISSÍVEL DE 30" (90 cm);
- ⑤ PARA PISTAS COM LARGURA SUPERIOR A 150' (45,7 m) HAVERÁ UM AUMENTO NESTA DIMENSÃO.

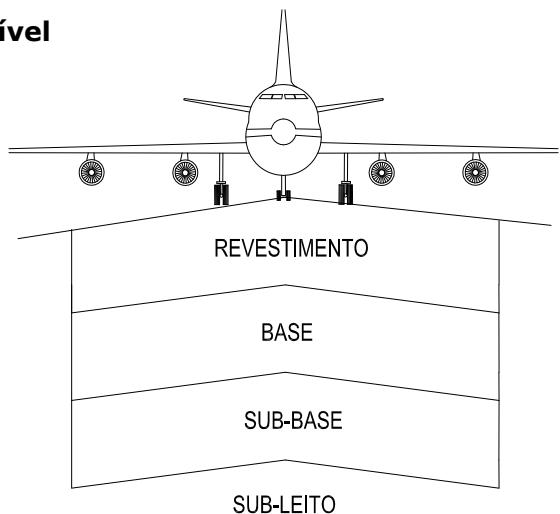
LEGENDA:

	ESPESSURA = T
	VARIAÇÃO DA ESPESSURA = T → 0,7T
	ESPESSURA = 0,9T
	ESPESSURA = 0,7T

1.7. Dimensionamento e Pavimento Flexível

1.7.1. Camadas do Pavimento

- a) Revestimento: NSMA (Norma de Sistema do Ministério da Aeronáutica) 85 – 2
- b) Base: NSMA 85 – 2
- c) Sub base: NSMA 85 – 2
- d) Sub leito: NSMA 85 – 2



1.7.2. Dados a Serem Considerados no Projeto

- a) Valor do CBR do sub- leito
- b) Valor do CBR da sub-base
- c) Peso bruto da aeronave de projeto
- d) Freqüência anual de decolagens
- As curvas indicam a espessura total do pavimento necessária e a espessura do revestimento (asphalt surfaces). A figura 3-12 indica a espessura mínima da camada de base para o tipo de aeronave e intervalo de carga de projeto.
- No caso de partidas anuais que excedem 25000 a espessura total do pavimento deve ser aumentado de acordo com a tabela 3-5 e a superfície betuminosa de 1 polegada.
- As curvas são usadas para determinar a espessura total do pavimento crítico T, e as exigências para a espessura da camada de superfície.
- O fator 0,9T para o pavimento não crítico, se aplica à base e à sub-base; a espessura da camada de revestimento deve ser aquela que é apresentada nas curvas de projeto (ver recomendações do AC.).
- A espessura mínima do total de pavimento não deve ser menor do que a espessura total do pavimento requerido para um sub-leito de CBR 20 na curva de projeto apropriada.

1.8. Expressura Mínima da Base

AERONAVE	INTERVALO CARGA-PROJETO	ESPESSURA MÍNIMA BASE	
	Lbs	in	mm
Roda simples	30000 - 50000	4	100
	50000 - 75000	6	150
Roda dupla	50000 - 100000	6	150
	100000 - 200000	8	200
Duplo tandem	100000 - 250000	6	150
	250000 - 400000	8	200
757 - 767	200000 - 400000	6	150
DC - 10 / L 1011	400000 - 600000	8	200
B - 747	400000 - 600000	6	150
	600000 - 850000	8	200
C - 130	75000 - 125000	4	100
	125000 - 175000	6	150

1.9. Tabelas de Equivalência para projeto de reforço

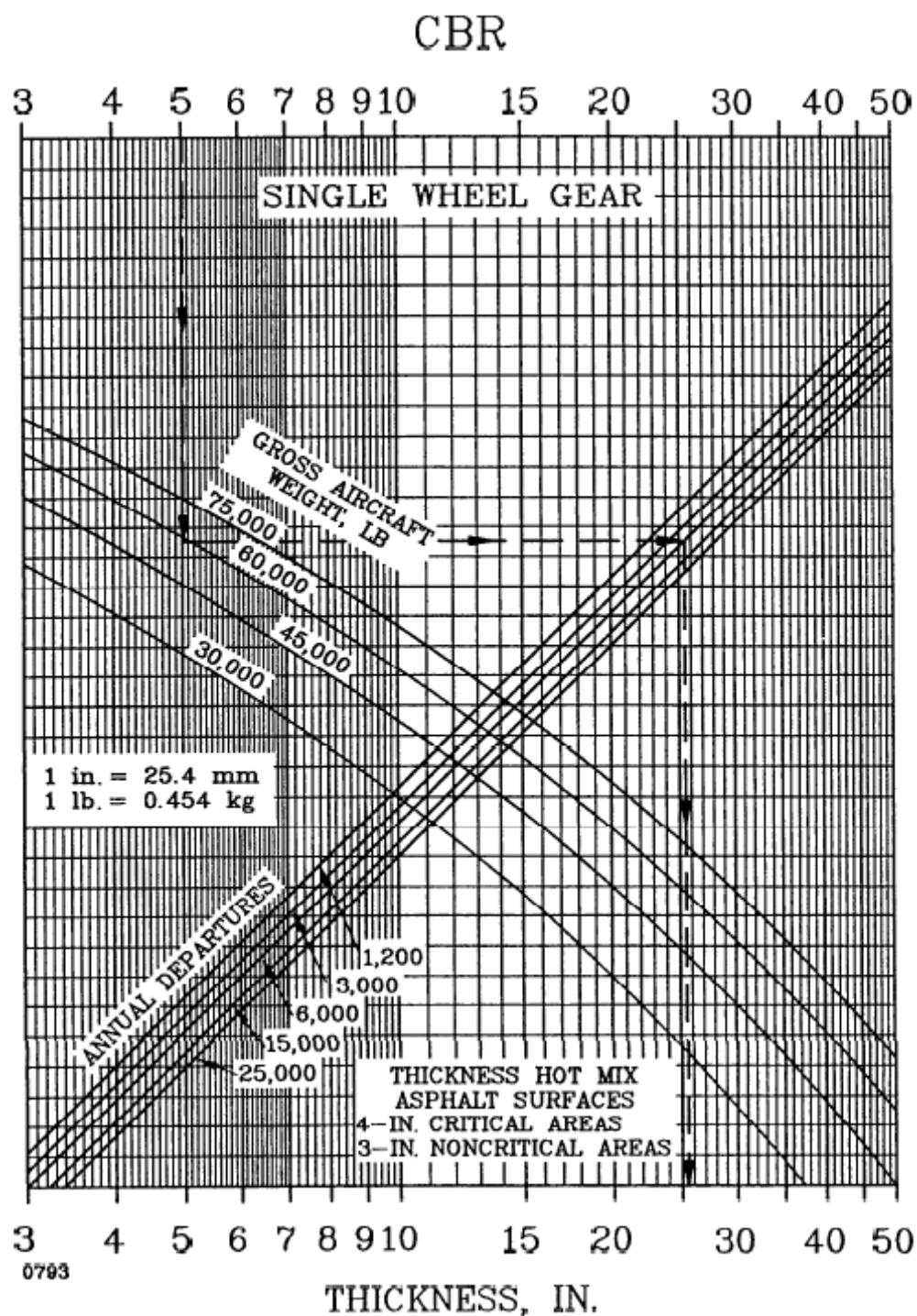
- Sub-base:

MATERIAL	FATOR
BETUMINOSO	1,7 - 2,3
BETUMINOSO MISTURADO A FRIO	1,5 - 1,7
BASE TRATADA COM CIMENTO	1,6 - 2,3
BASE DE SOLO CIMENTO	1,5 - 2,0
BASE DE MACADAME	1,4 - 2,0

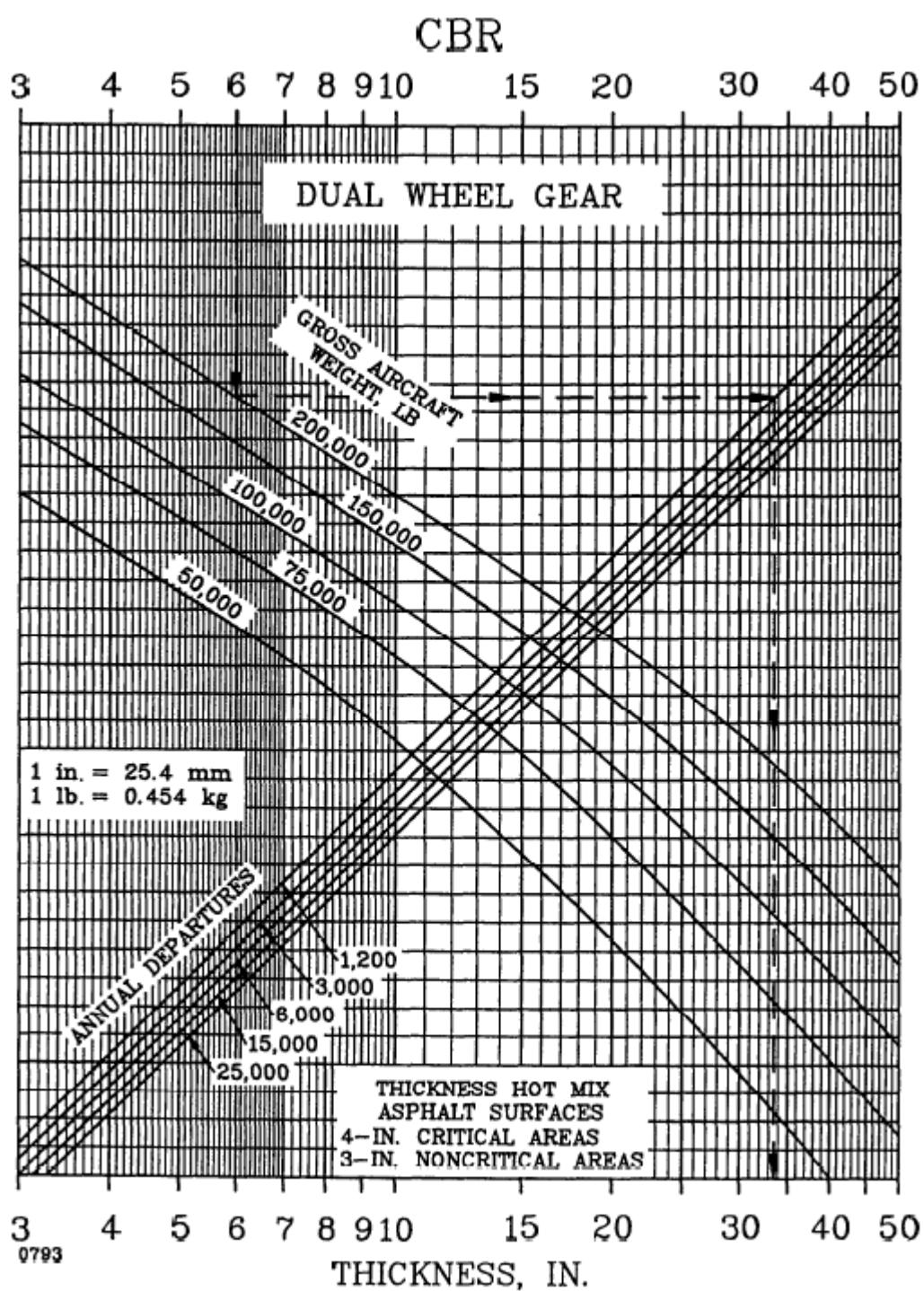
- Base:

MATERIAL	FATOR
BETUMINOSO	1,2 - 1,6
BETUMINOSO MISTURADO A FRIO	1,0 - 1,2
BASE TRATADA COM CIMENTO	1,2 - 1,6

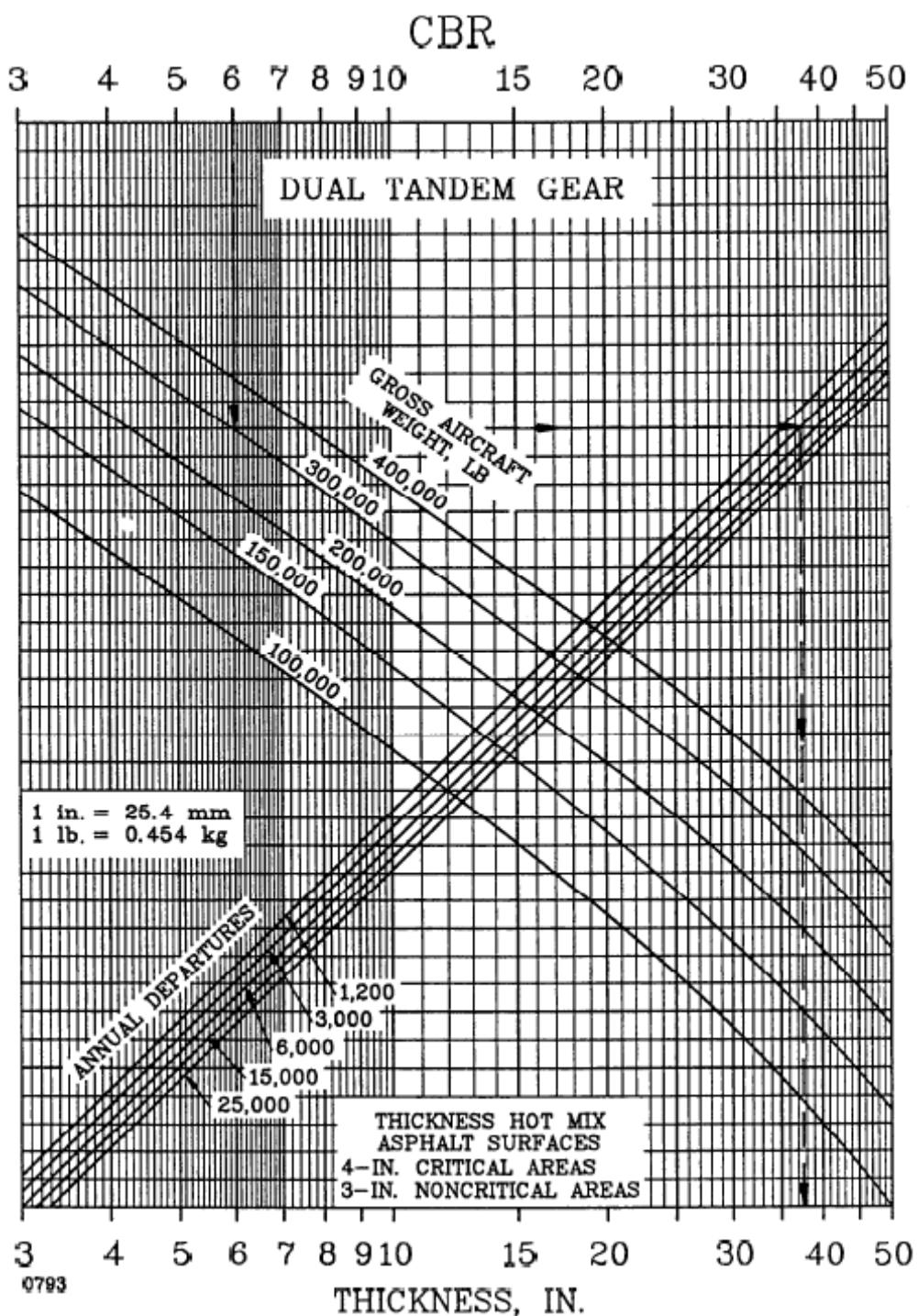
**FIGURA 1.02 - Curvas de projeto de pavimentos flexíveis para áreas críticas –
Trem de pouso de Roda Simples.**



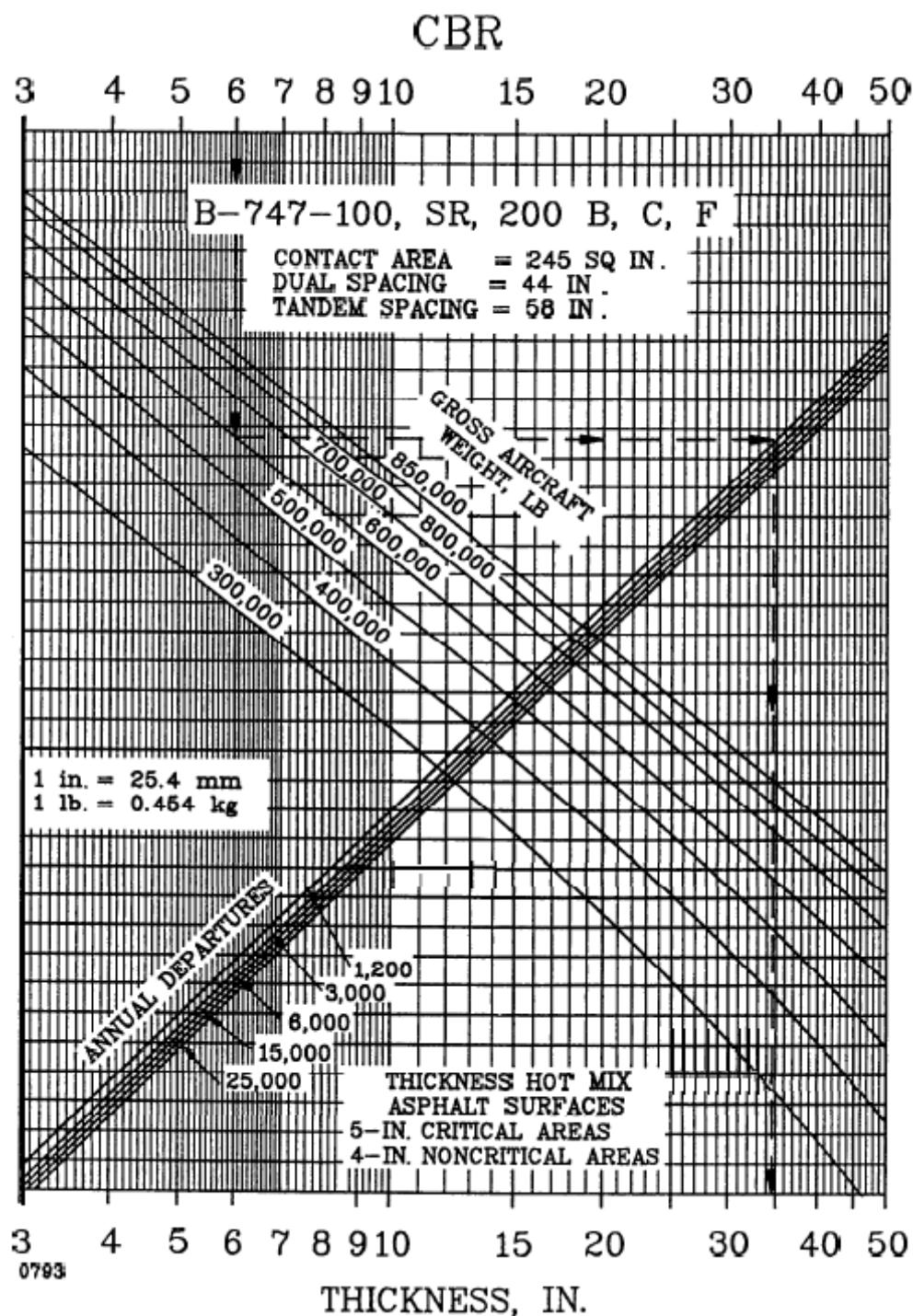
**FIGURA 1.03 - Projeto de curvas para áreas críticas de pavimento flexível –
Roda Dupla**



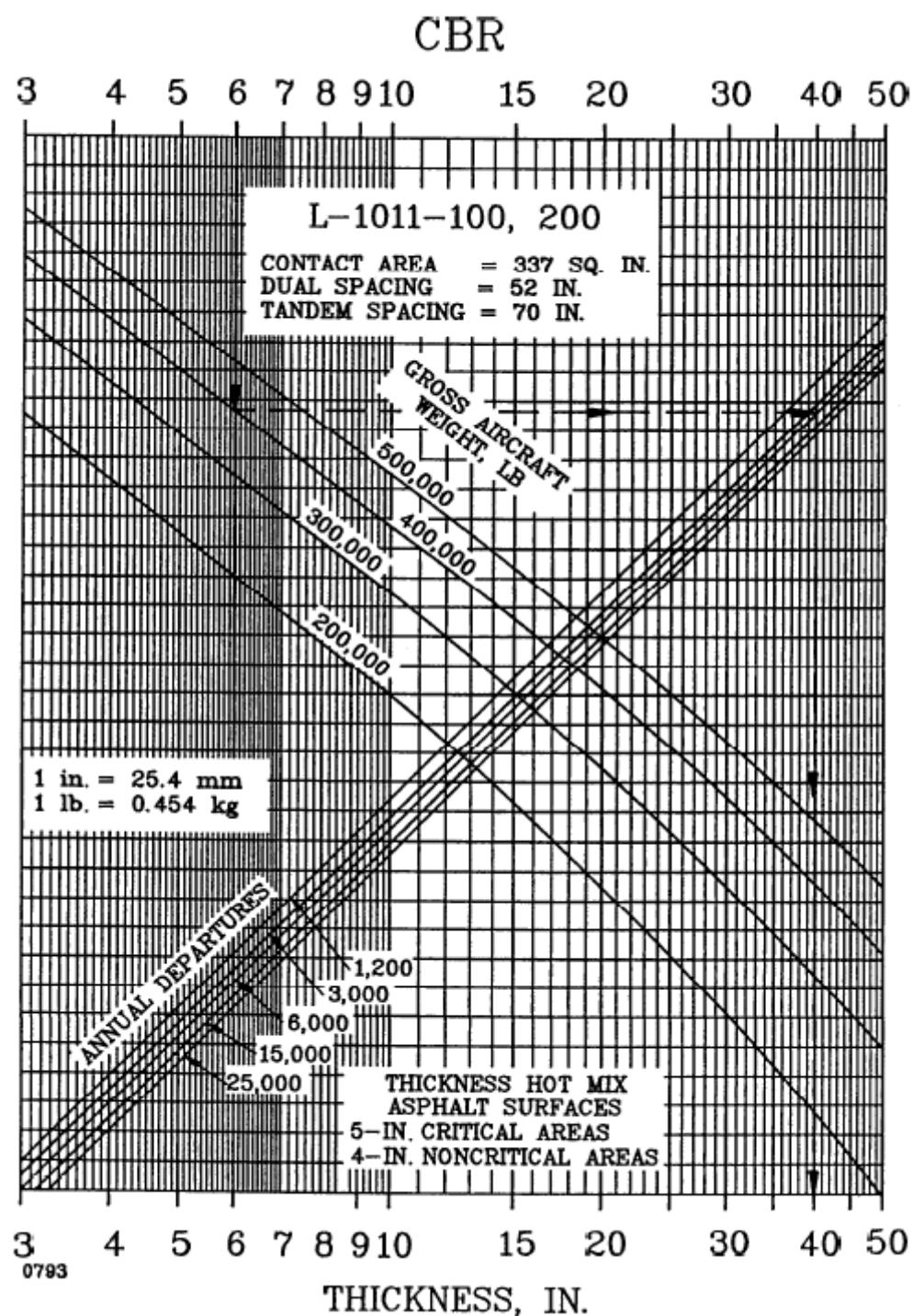
**FIGURA 1.04 - Curvas de projeto de pavimentos flexíveis para áreas críticas –
Trem de pouso Duplo Tandem**



**FIGURA 1.05 - Curvas do projeto de pavimentos flexíveis para áreas críticas –
B747-100, SR, 200 B, C, F**



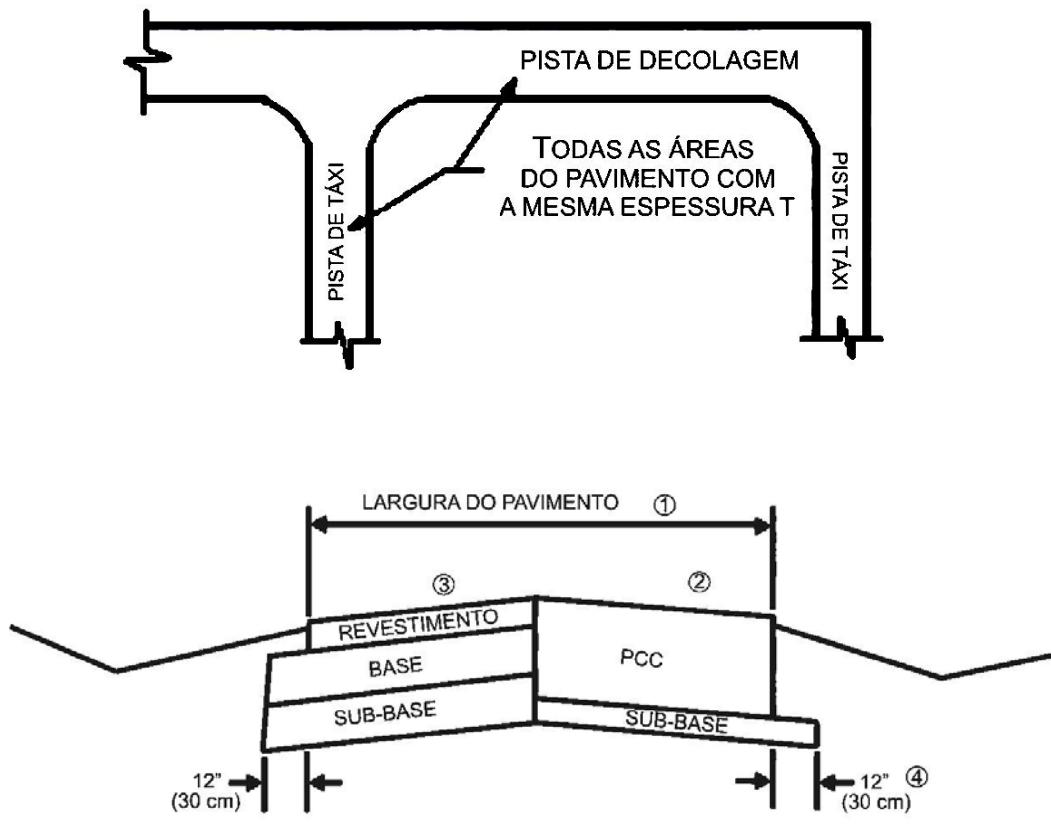
**FIGURA 1.06 - Curvas de projeto de pavimentos flexíveis para áreas críticas –
L-1011-100, 200**



1.10. Pavimentos para Aeronaves Leves

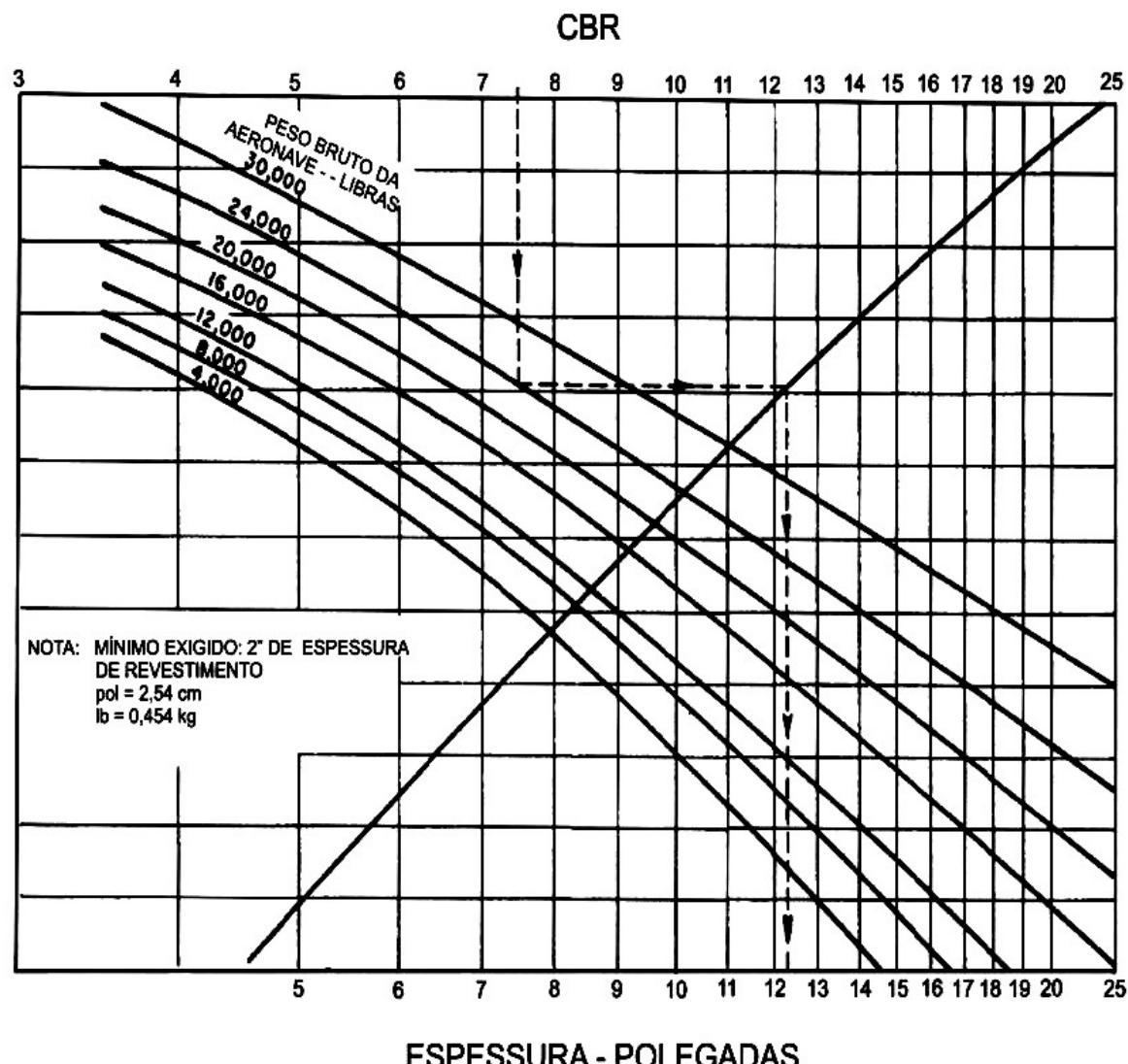
- **Generalidades:**

- a) Os pavimentos para aeronaves leves podem ser definidos como instalações de pouso que visam acomodar aeronaves particulares ou outras menores que estejam engajadas em atividade não programadas como, por exemplo, na agricultura ou em vôos de instrução. Esses pavimentos não serão utilizados por aeronaves que excedam o peso bruto de 30000 libras (13000Kg) e, em muitos casos, essas aeronaves não excederão sequer as 12500 libras (5700Kg).
- b) Alguns aeroportos podem não precisar de áreas operacionais pavimentadas. As condições do terreno podem ser aceitáveis para o desenvolvimento de uma superfície gramada adequada para as operações das aeronaves leves. É possível construir uma pista de solo estabilizado gramado, melhorando a estabilidade do solo com a adição de agregado antes do desenvolvimento do gramado.
- c) Na maioria das áreas, entretanto, não é possível obter e manter uma superfície gramada estável, devido às condições adversas do tempo ou alta densidade do tráfego.
- d) Os pavimentos projetados para servir aeronaves de menos de 30000 libras (13000Kg) de peso bruto, podem ser do tipo flexível ou rígido.

FIGURA 1.07 – Seções típicas de pavimentos para aeronaves leves

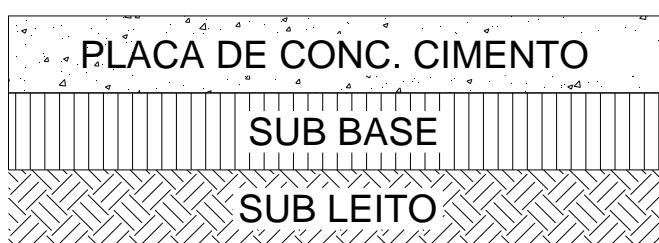
- ① LARGURAS DAS PISTAS DE DECOLAGEM E DE TÁXI, DE ACORDO COM AS CIRCULARES APROPRIADAS;
- ② DECLIVIDADES TRANSVERSAIS, DE ACORDO COM AS CIRCULARES APROPRIADAS;
- ③ REVESTIMENTO, BASE, PCC, etc., COMO NECESSÁRIO;
- ④ MÍNIMO 12" (30 cm) [Para PCC é permitível até 30" (76 cm)].

FIGURA 1.08



1.11. Dimensionamento dos Pavimentos Rígidos

- **Composição do pavimento:**



- **Sub-base:** Fornecer um suporte uniforme e estável para as placas, se exigida, deve ter espessura ≥ 10 cm, e > 10 cm somente com finalidade de aumentar K (módulo de reação do sub-leito).

- **Determinação do módulo de reação da fundação (K):**

K do material diretamente abaixo da placa. Calcular K para sub-leito e depois corrigir para sub-base. Fig. 2.5, fig. 3.13.

- Maneiras de determinação:
 - a) Pelo carregamento do solo por uma placa padrão
 - b) Comparação com outro solo com as mesmas características
 - c) Carregando-se diretamente um pavimento que foi construído em base semelhante ao estudo
 - d) Pelo ISC (CBR)

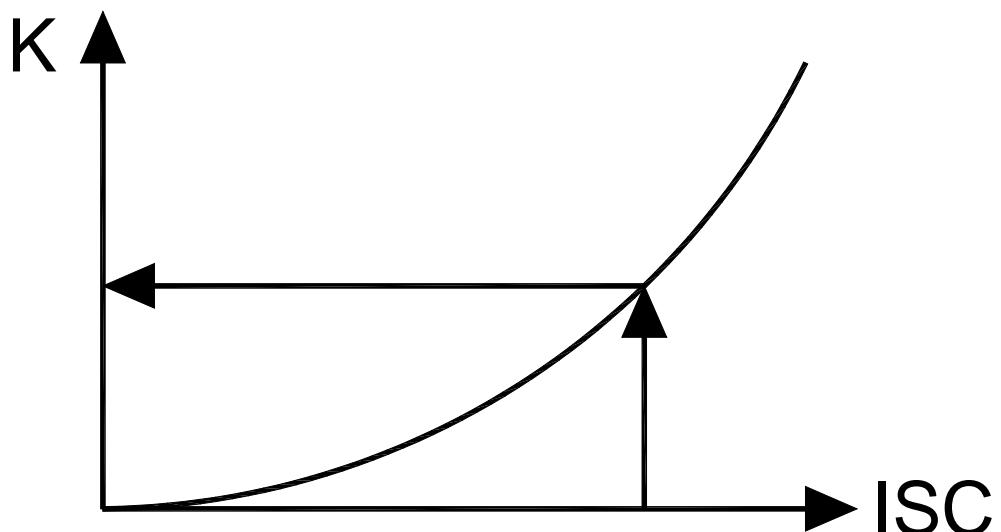


FIGURA 1.09

RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA
CBR(%) (CBR) E COEFICIENTE DE RECALQUE (k)

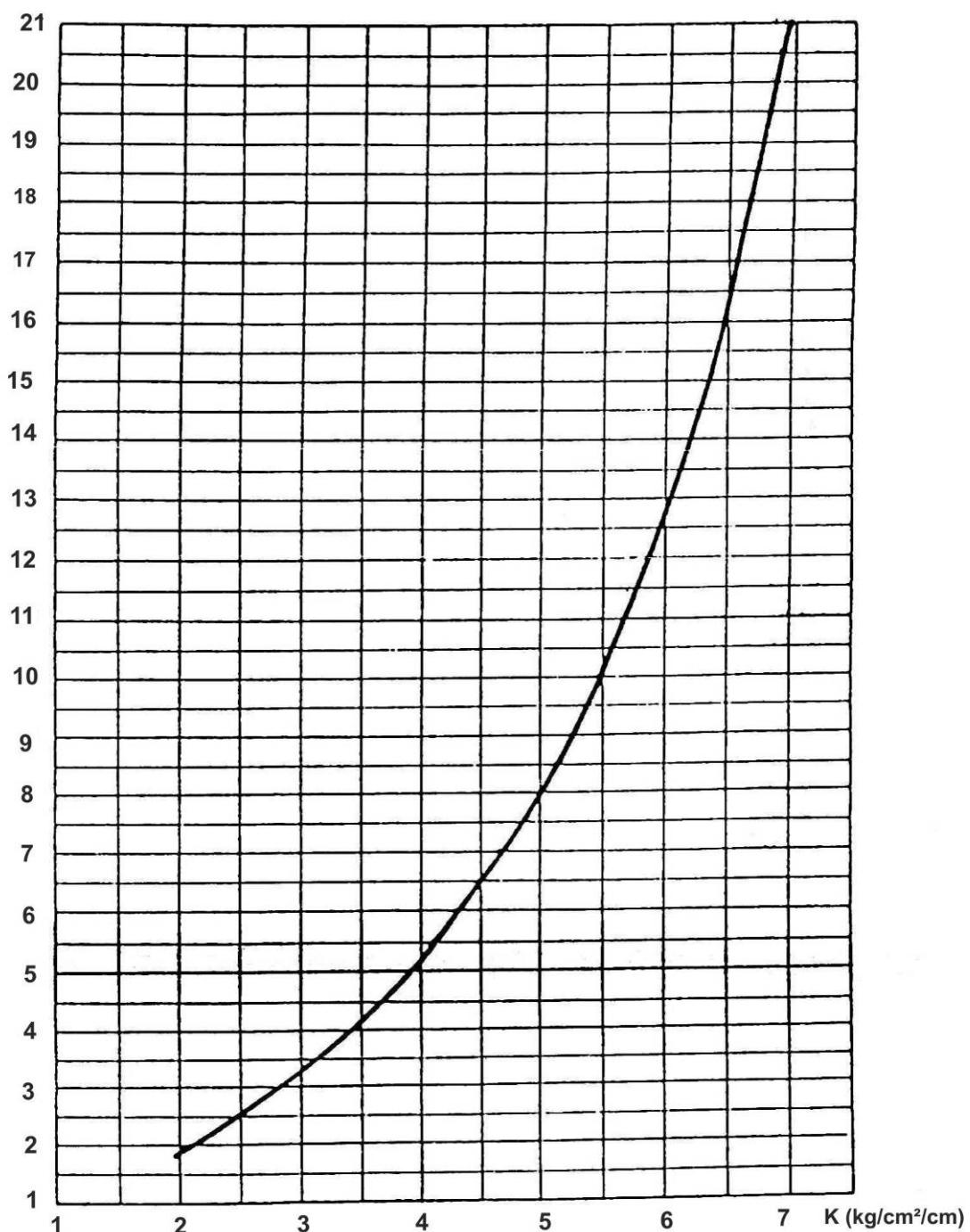
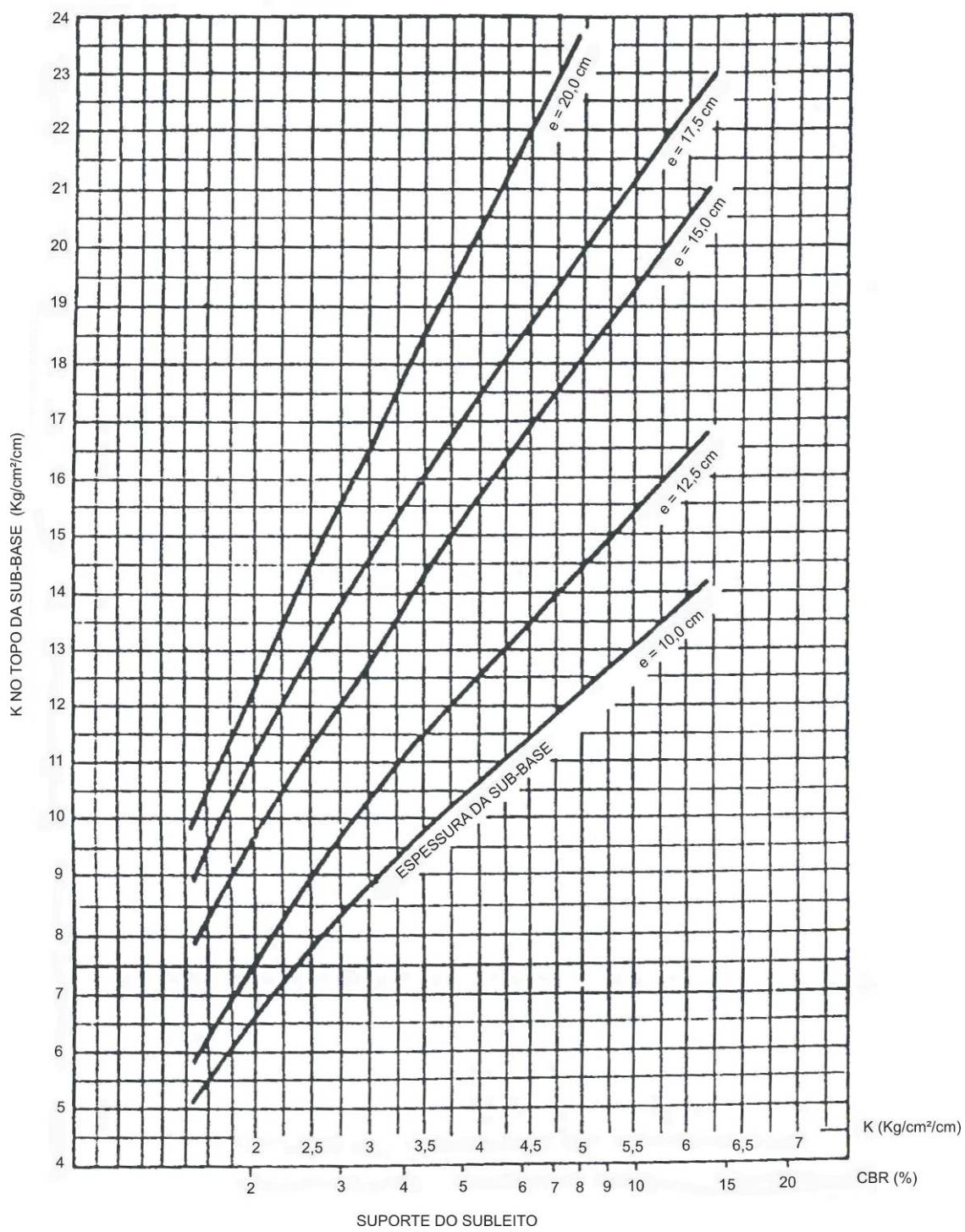


FIGURA 1.10

**AUMENTO DE K DEVIDO A PRESENÇA DE
SUB-BASE DE SOLO - CIMENTO**



1.12. Dimensionamento dos Pavimentos Rígidos

- Determinação da aeronave tipo ou de projeto
- Carga
- Decolagens equivalente para aeronave tipo
- Dados para dimensionamento:
 - a) Resistência à tração na flexão do concreto
 - b) Coeficiente de recalque do sub-leito (K)
 - c) Peso total da aeronave
 - d) Decolagens anuais da aeronave tipo
- Correção da espessura para número de decolagens anuais superiores a 25000

DECOLAGENS ANUAIS	ACRÉSCIMO DA ESPESSURA PARA 25000 DECOLAGENS
50000	4%
100000	8%
150000	10%
200000	12%

- Áreas do pavimento:
 - o Críticas (espessura = T)
 - o Não críticas (espessura = 0,9T)

Exemplos de aplicações

1. Dimensionar o pavimento rígido para um aeroporto, sabendo-se que a resistência à tração na flexão do concreto a ser utilizado é de 650psi, o sub-leito tem um coeficiente de recalque K = 300pci, e que a aeronave tipo tem peso total de 60000lb, com previsão para 6000 decolagens anuais, sendo o seu trem de pouso de roda simples.

Solução:

$$\sigma_{tf} = 650 \text{ psi}$$

$$K = 300 \text{ pci}$$

$$P_t = 60000 \text{ lb (roda simples)}$$

$$N_d = 60000$$

Entretanto no gráfico das curvas de projeto para pavimento rígido, roda simples, obtemos o valor da espessura da placa:

$$h = 9,5''$$

$$h \cong 24\text{cm}$$

Áreas críticas $\rightarrow h_1 = T$

$$h_1 = 24\text{cm}$$

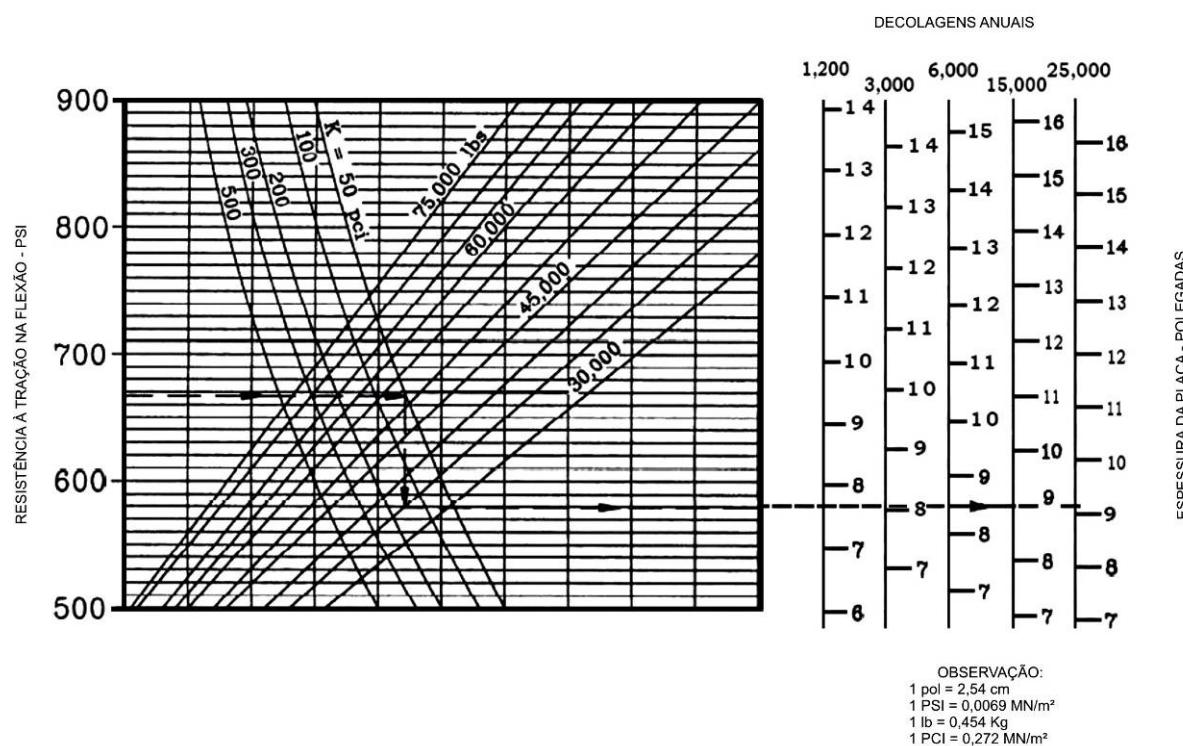
Áreas não críticas $\rightarrow h_2 = 0,9T$

$$h_2 \cong 22\text{cm}$$

Obs.: Acrescentar a diferença (2 cm) no sub-leito.

FIGURA 1.11

CURVAS DE PROJETOS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS - TREM DE POUSO DE RODA SIMPLES



2. Dimensionar o pavimento rígido para um aeroporto, sabendo-se que a aeronave tipo tem trem de rodas duplas, seu peso de decolagem é de 180000lb, e a previsão é de 15000 decolagens anuais. O sub-leito tem um coeficiente de recalque igual a 100pci e a placa será colocada sobre uma sub-base estabilizada com 8" (20 cm) de espessura. O concreto será dosado para atingir a tração na flexão igual a 700psi.

Solução:

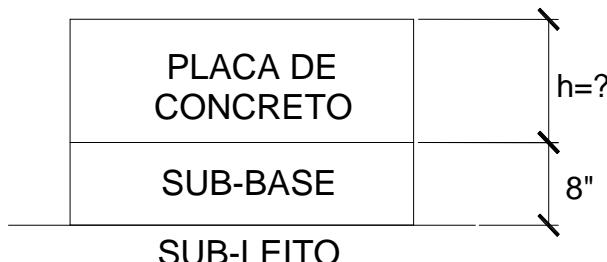
$$P_t = 180000 \text{ lb (rodas duplas)}$$

$$N_d = 15000$$

$$K_{\text{sub-leito}} = 100 \text{ pci}$$

$$C_{\text{sub-base}} = 8'' (20 \text{ cm})$$

$$\sigma_{tf} = 700 \text{ psi}$$



- a)** Vamos inicialmente calcular o valor de melhoria introduzida com a colocação da sub-base, ou seja, o acréscimo de K (K').

No gráfico com $e = 8''$ e $K_{\text{sub-leito}} = 100 \text{ pci}$, obtemos para K , $K' = 250 \text{ pci}$

FIGURA 1.12 – Efeito da sub-base estabilizada no módulo de reação do sub-leito.

Base do gráfico: uma camada estabilizada é duas vezes mais eficiente do que um agregado britado bem graduado.

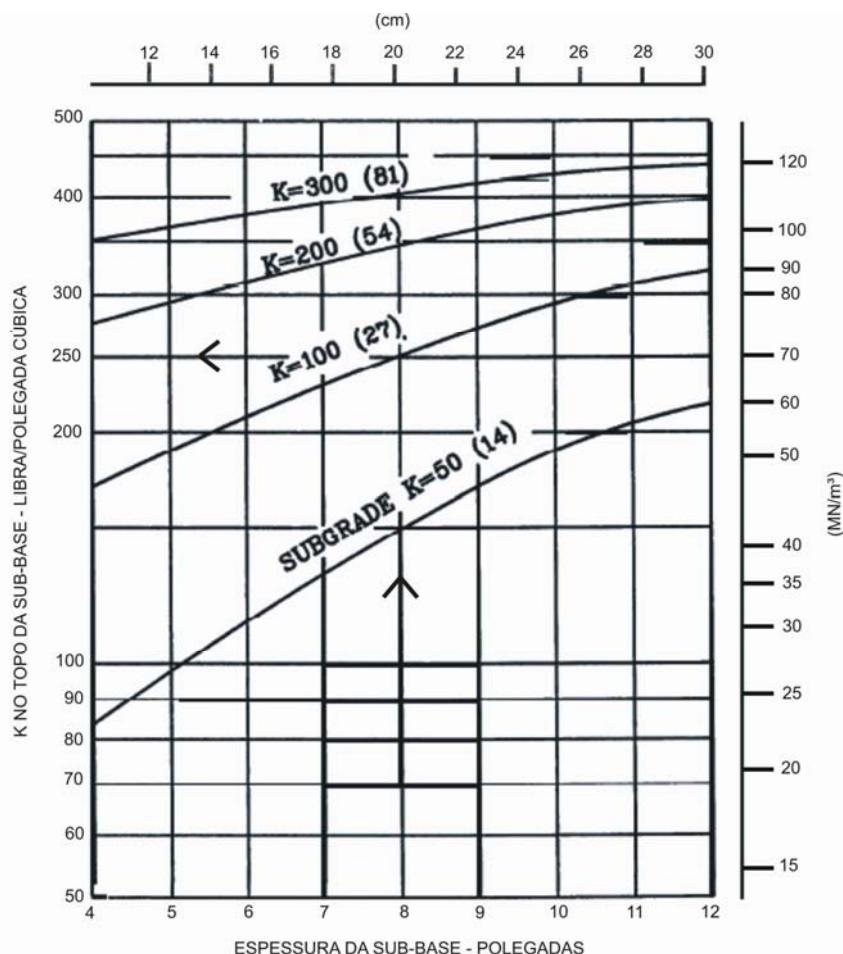
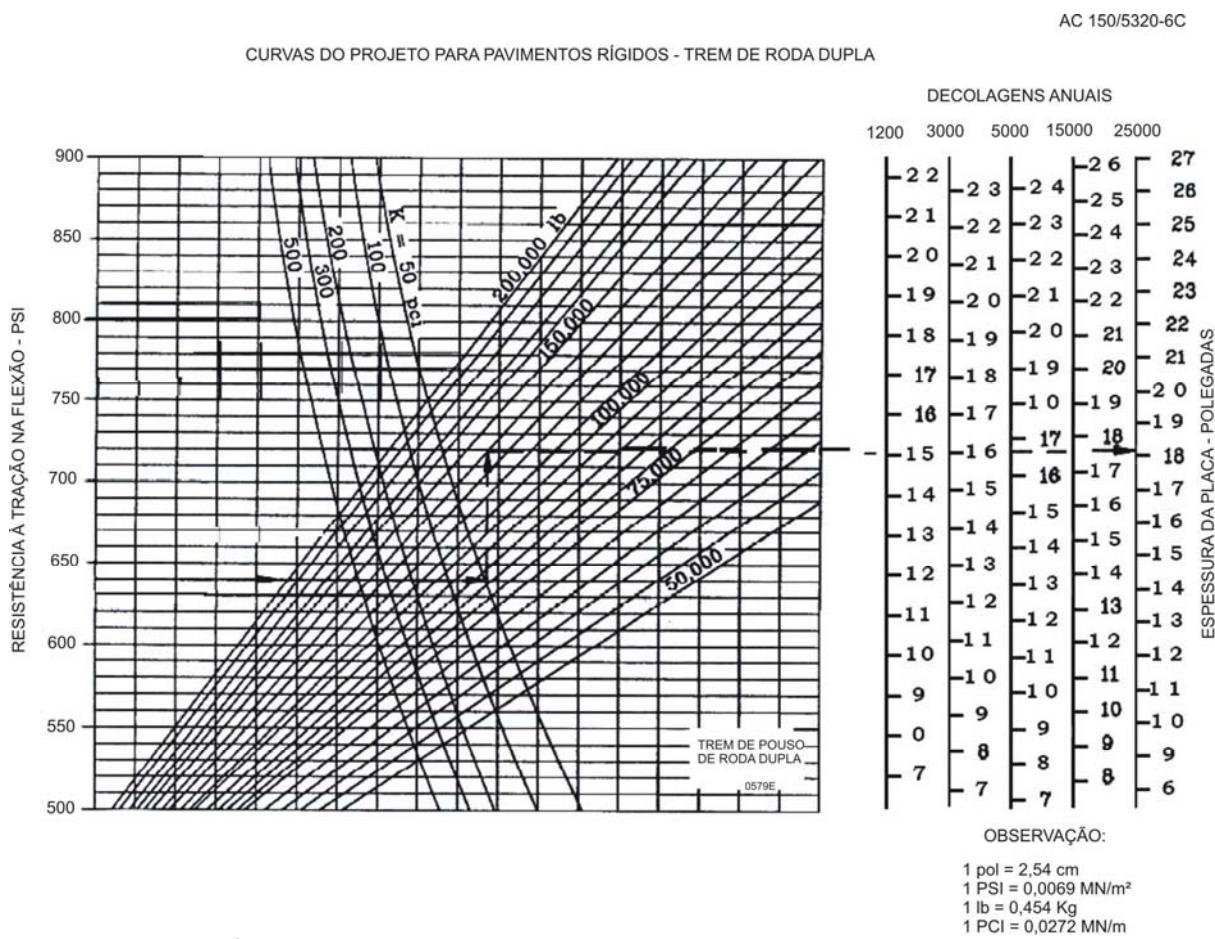


FIGURA 1.13

Entrando no gráfico com os valores:

$$\sigma_{tf} = 700 \text{ psi}$$

$$P_t = 180000 \text{ lb} \quad \text{Obtemos } h = 16'''' \quad h = 40 \text{ cm}$$

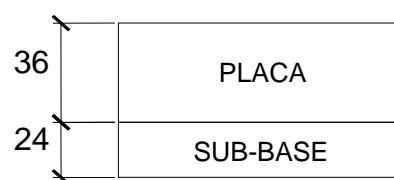
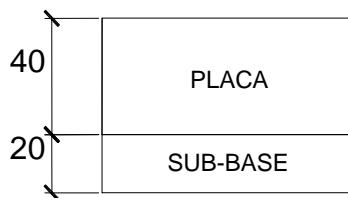
$$K = 250 \text{ pci}$$

$$N_d = 15000$$

$$\text{Área crítica} \rightarrow h_1 = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Área não crítica} \rightarrow h_2 = 0,9T = 36,0 \text{ cm}$$

Obs.: Acrescentar diferença na sub-base.



1.13. Tamanho de Juntas de Placas sem Sub-Base Estabilizada

TABLE 3-11. RECOMMENDED MAXIMUM JOINT SPACINGS - RIGID PAVEMENT WITHOUT STABILIZED SUBBASE					
Slab Thickness		Transverse		Longitudinal	
Inches	Millimeters	Feet	Meters	Feet	Meters
6	150	12.5	3.8	12.5	3.8
7 - 9	175 - 230	15	4.6	15	4.6
9 - 12	230 - 305	20	6.1	20	6.1
> 12	> 305	25	7.6	25	7.6

1.14. Tamanho de Juntas de Placas com Sub-Base Estabilizada

$$L = \left(\frac{Eh^3}{12(1-u^2)k} \right)^{1/4}$$

Where:

L = radius of relative stiffness, inches

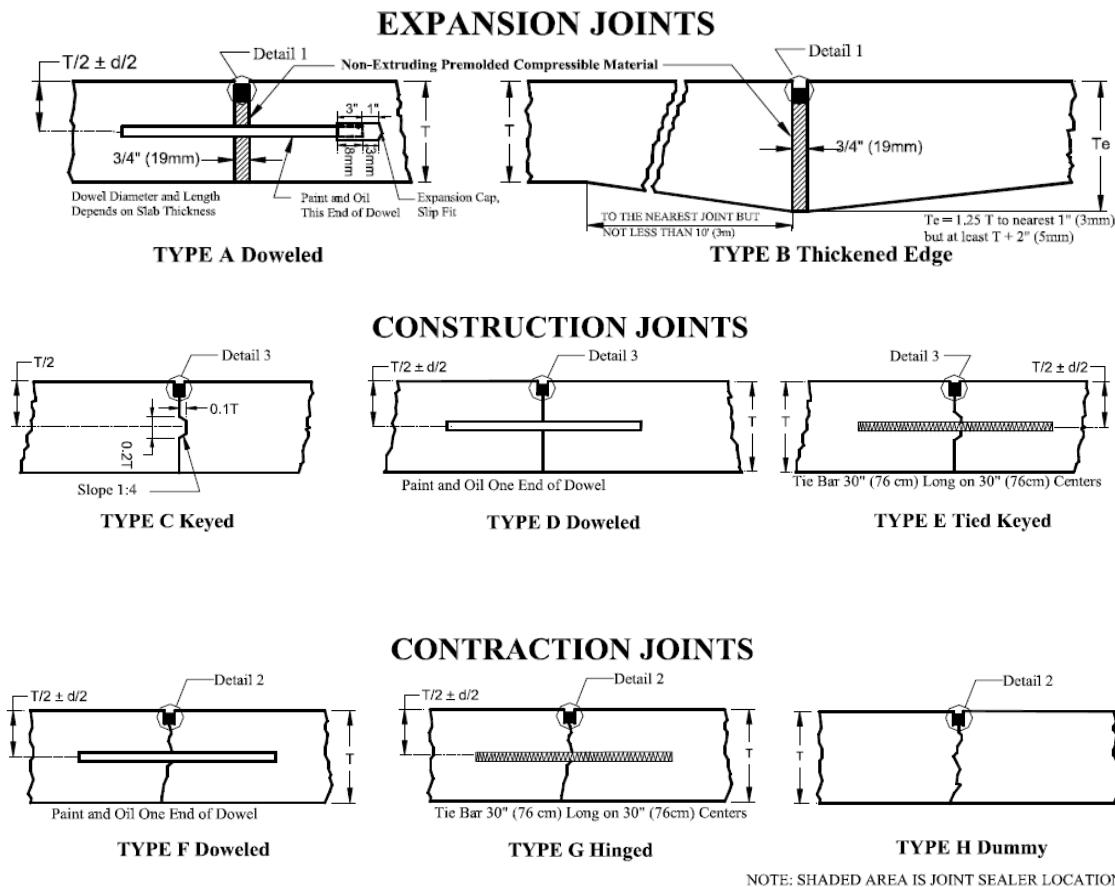
E = modulus of elasticity of the concrete, usually 4 million psi.

h = slab thickness, inches

u = poisson's ratio for concrete, usually 0.15

k = modulus of subgrade reaction, pci

FIGURA 1.14 - Tipos De Juntas E Detalhes Em Pavimento Rígidos



1.15. Exercício de Dimensionamento de Pavimento Flexível

Aeronave de projeto

Trem de pouso: duplo tandem

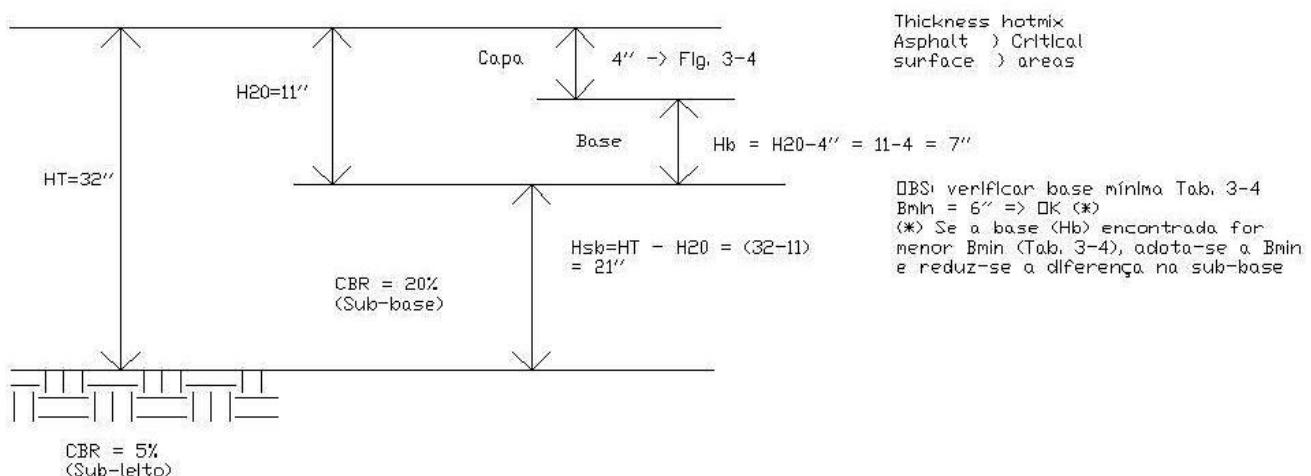
Peso bruto da aeronave: 150.000 libras

Nº de movimento anuais: $30.000 \Rightarrow NDA = 30.000/2 = 15.000$

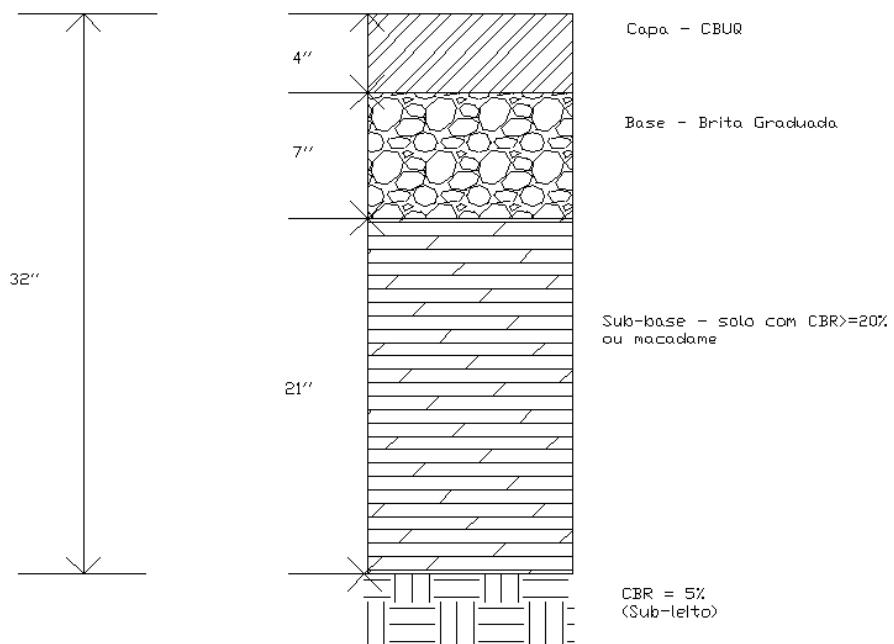
ISC ou CBR subleito: 5%

ISC ou CBR sub-base: 20%

Ábaco figura 3-4 pág. 37 e tabela 3-4 pág. 49



Estrutura de Pavimento



AULA 02

1. Drenagem em Aeroportos

1.1. As Áreas dos Aeroportos

- Terrenos muito planos – pouca declividade;
- Projeto adequado – perfil longitudinal e transversal.

1.2. Funções da Drenagem

- Coletar e remover as águas de escoamento das pistas p/d, táxis, pátios e outras áreas; (permitir a operação das aeronaves)
- Remover a água subterrânea abaixo do pavimento. (não causar danos à sua estrutura).

1.3. Estimativa da Água de Escoamento das Chuvas

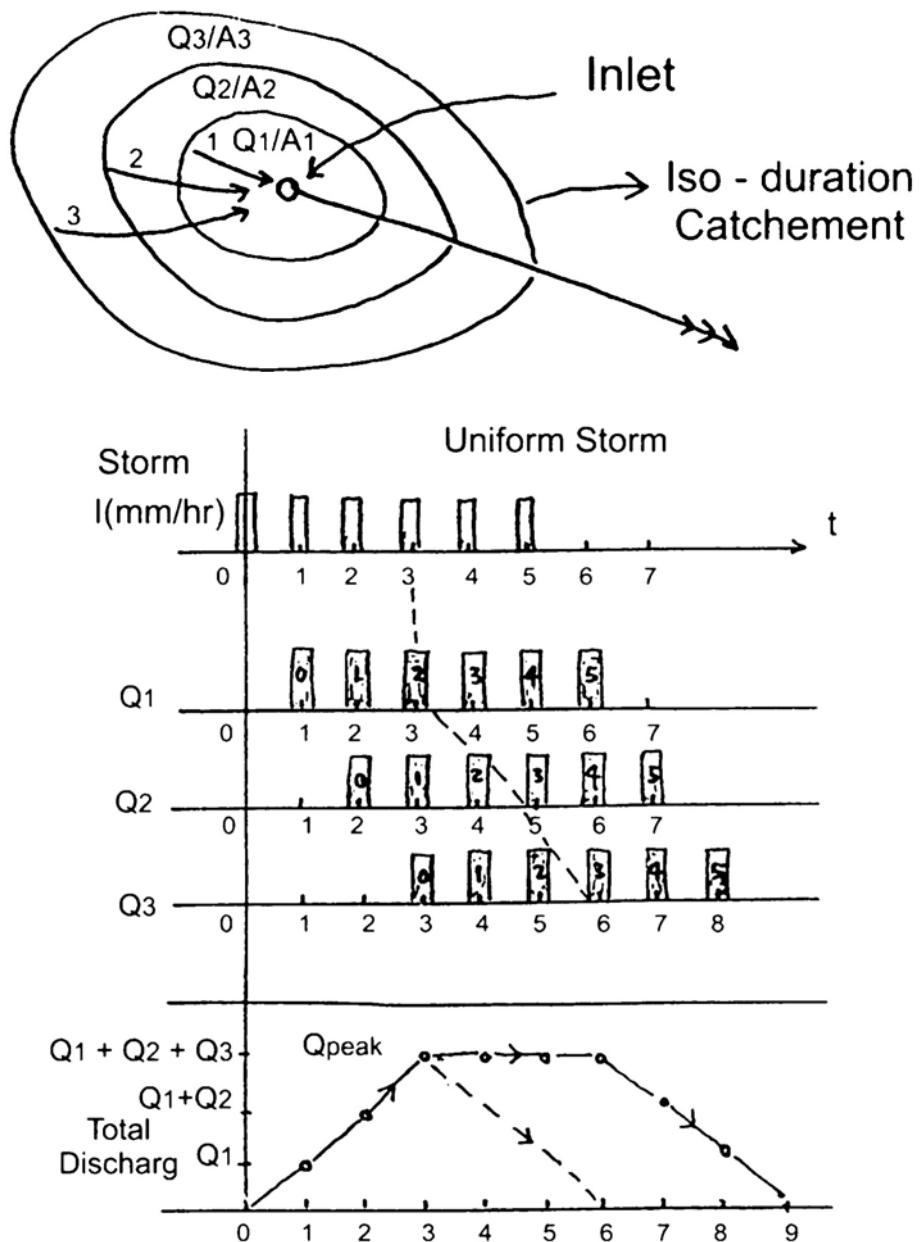
- O total de água que escoa e é captado pelo sistema de drenagem, depende de:
 - Extensão da área de contribuição;
 - Características da chuva de projeto; (intensidade, duração e recorrência)
 - Características da bacia de contribuição. (declividade e impermeabilidade da área).

1.4. Método Racional

- Usado para calcular o escoamento da água de chuva;
- Criado em 1905 por D. E. Lloyd-Davis – Inglaterra;
- Adaptado pela FAA para drenagem de aeroportos;
- Simples e fácil programar em computador.

1.5. Operação do Método

- Calcula-se cada ponto de captação isolado;
- Inicia-se pelo ponto mais afastado; (rede de dutos do sistema de drenagem)
- Pressupostos:
 - Chuva de projeto – intensidade uniforme (I);
 - Duração igual tempo de concentração (Tc);
 - Área de contribuição igual área acumulada.

FIGURA 2.01 - Esquema de Escoamento Da Água da Chuva

1.6. Fórmulas Utilizadas

- Capacidade:

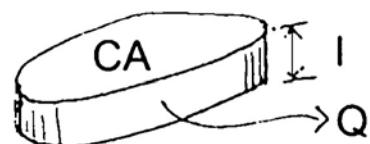
$$Q = 1/360 \times C I A$$

Onde: Q – vazão (m^3/s);

C – coeficiente de escoamento (runoff);

I – intensidade da chuva (mm/hora)

A – área de contribuição (hectares).



Onde: $I \rightarrow T_c$ sendo: $T_c = t_i + t_f$

$$T_f = L_d/V_f \text{ e } V_f = Q/A$$

- Equação de Manning:

$$Q = 1/n \times A R^{2/3} S^{1/2}$$

$$\text{e } R = A/P$$



Onde: Q – vazão (m^3/s)

A – área molhada (m^2)

R – raio hidráulico (m)

S – declividade do leito (%)

P – perímetro da área molhada (m)

η - coeficiente de rugosidade

- Equação da continuidade:

$$Q = A V$$

Onde: Q – vazão (m^3/s)

A – área molhada (m^2)

V – velocidade de escoamento (m/s)

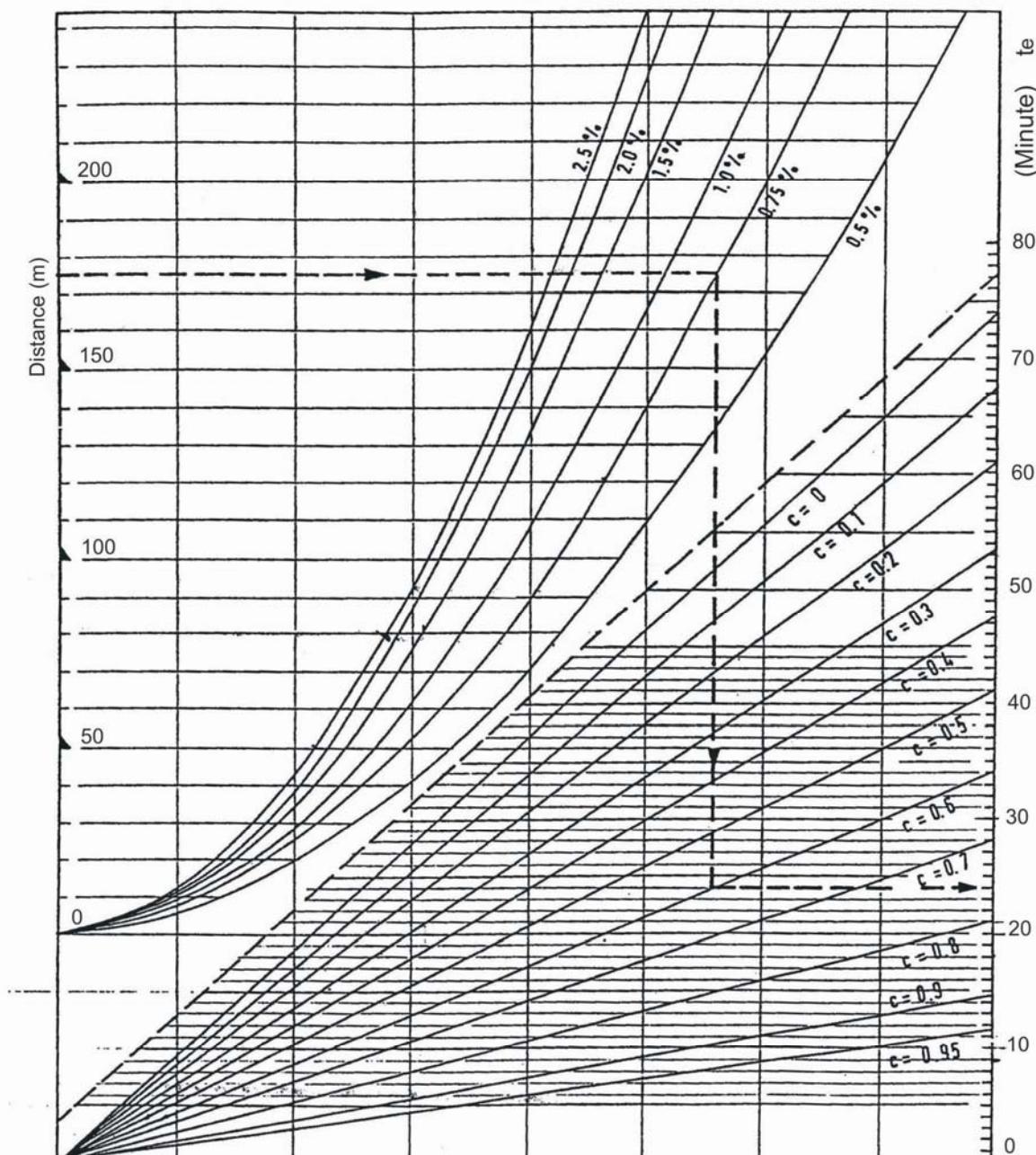
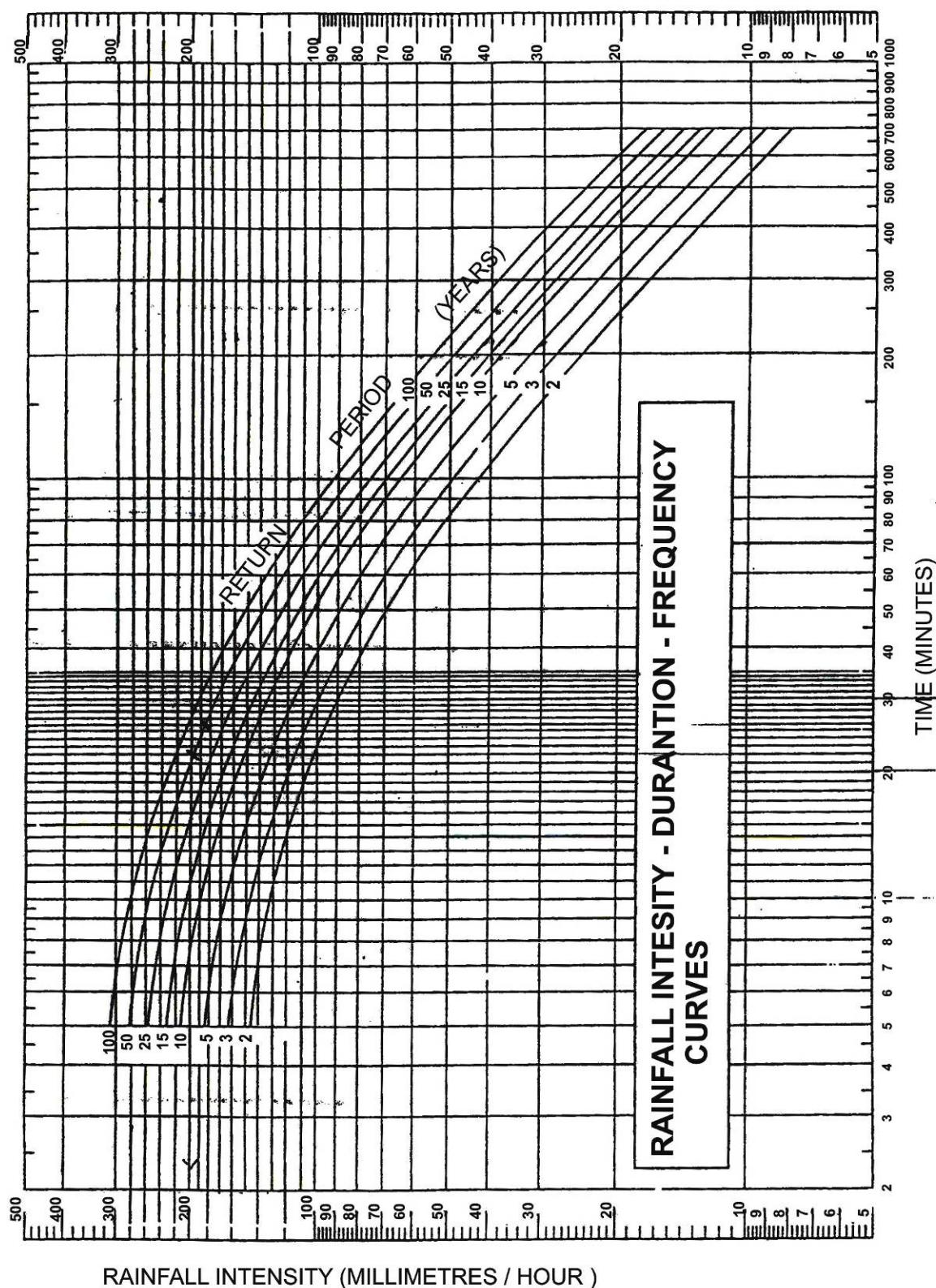
FIGURA 2.02 - Surface Flow Time Curves

FIGURA 2.03 – Rainfall Intensity Curves

1.7. Exercícios de Drenagem – Método Racional

- Exercício 01:

Dada uma área de contribuição $A = 10$ ha, o coeficiente de escoamento ou Runoff para a área mencionada $C = 0,9$ e a intensidade de precipitação de chuva de projeto igual a 180 mm/h, calcule a vazão de escoamento Q .

$$Q = \frac{1}{360} \text{ CIA , onde } C - \text{coeficiente de Runoff;}$$

I - mm/h

A - ha (hectares)

$$Q = \frac{1}{360} \times (0,9) \times 180 \times 10 = 4,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Exercício 02:

Uma área de contribuição possui área pavimentada igual a 10 há e gramada de 2 há. Calcule a área efetiva de contribuição.

$A_{pav} = 10$ ha e $A_{gram} = 2$ há

Assumindo: $C_{pav} = 0,9$ e $C_{gram} = 0,3$

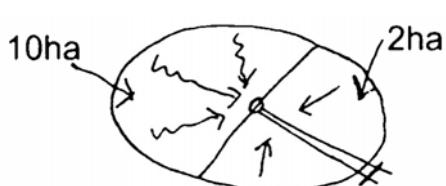
Onde: A_{pav} = área pavimentada

A_{gram} = área gramada

C_{pav} = contribuição da área pavimentada

C_{gram} = contribuição da área gramada

A área de Contribuição Efetiva será igual $\sum CA = C_{pav} \times A_{pav} + C_{gram} \times A_{gram}$



$$0,9 \times (10) + 0,3 \times (2) = 9,6 \text{ há}$$

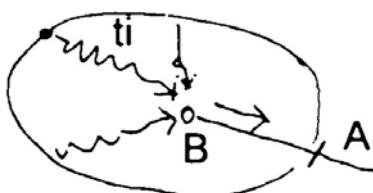
Área total de contribuição - At

$$At = 10 + 2 = 12 \text{ ha}$$

$$\text{Coeficiente de Escoamento Efetivo - Cef} = \frac{\sum CA}{At} = \frac{9,6}{12} = 0,8$$

- Exercício 03:

Dado o tempo de escoamento para a água entrar no Bueiro (B) igual a 15 min (t_i) e um tempo de escoamento na tubulação até o ponto (A) igual a 2 min (t_f). Encontre o tempo de concentração para o dimensionamento da tubulação na seção A.

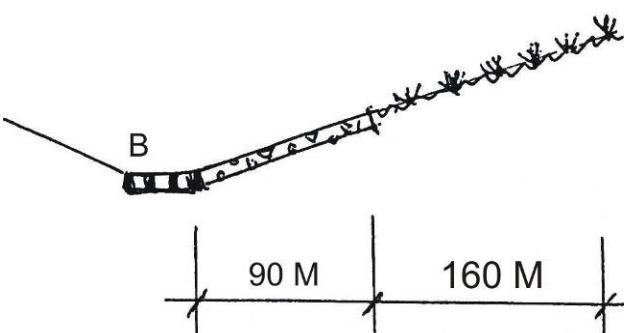


$$T_c = t_i + t_f$$

$$T_c = 15 + 2 = 17 \text{ min}$$

- Exercício 04:

Dado que a declividade de uma área gramada é igual a 2,5% e a área pavimentada é igual a 0,75%. Sendo as distâncias máximas no escoamento para as respectivas áreas são iguais a 160m e 90 m. Calcule o tempo de escoamento até a entrada no bueiro B.



Do gráfico 1, obtém-se:

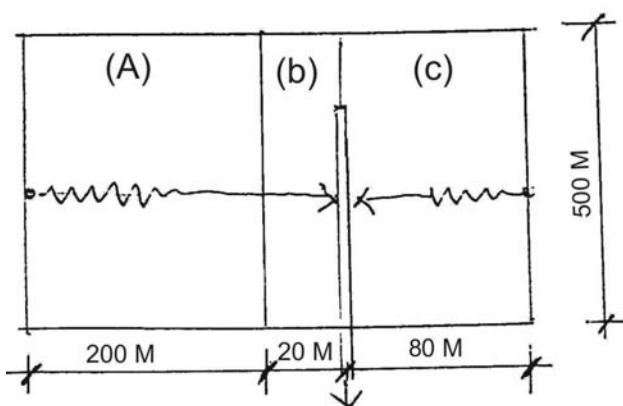
$$t_i \text{ gramado} = 27 \text{ min}$$

$$t_i \text{ pavimentado} = 7,5 \text{ min}$$

$$t_{iB} = 27 + 7,5 = 34,5 \text{ min}$$

- Exercício 05:

Uma área de contribuição possui as seguintes características apresentada abaixo:



$$(a) A_p = 500 \times 200 = 10 \text{ ha}$$

$$D = 0,75\% \text{ e } C = 0,9$$

$$(b) A_{g1} = 500 \times 20 = 1 \text{ ha}$$

$$D = 2,5\% \text{ e } C = 0,3$$

$$(c) A_{g2} = 500 \times 80 = 4 \text{ ha}$$

$$D = 1,5\% \text{ e } C = 0,3$$

Do ábaco da figura 2, têm-se:

$$(a) t_{ip} = 11 \text{ min}$$

$$(b) t_{ig1} = 9 \text{ min}$$

$$T_c = 11 + 9 = 20 \text{ min}$$

$$(c) t_{ig2} = 21 \text{ min}$$

Apesar da distância (a+b) ser maior do que (c), o tempo de escoamento em (c) até a valeta de drenagem se tornou maior, isto é, igual a 21 minutos. Portanto este valor deverá ser considerado como o tempo de concentração da área de contribuição. $T_c=21\text{min}$.

- Exercício 06 (continuação do Exercício 05):

Dimensionar a seção da valeta de drenagem superficial e sua declividade para um Tempo de Recorrência – TR = 50 anos.

$$T_c = t_i + t_f , \text{ onde } t_i = 21 \text{ min e}$$

$$T_f = \frac{L}{V} \quad L - \text{Distância em m}$$

$$V - \text{Velocidade de escoamento em m/s}$$

Se a valeta de drenagem não for revestida de concreto, a sua velocidade máxima poderá ser igual a 1,5 m/s. Adotando-se $V = 1,5 \text{ m/s}$, então $t_f = 500/1,5 = 333$ segundos, ou seja, igual a 5,5 min. ou 5 min.

$$\text{O tempo de concentração será: } T_c = 21 + 5 = 26 \text{ min}$$

Para se obter a intensidade de precipitação de chuva (I), entra-se no ábaco da figura 2 e encontra-se o valor de I igual a 185 mm/h para um Tempo de Recorrência de 50 anos.

A vazão na seção do ponto A será igual a:

$$Q = \frac{1}{360} I \times \Sigma C_A$$

$$Q = \frac{1}{360} 185 \times (10,5) = 5,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pela equação da continuidade, $Q = V \times A$, logo $A = Q / V$, isto é,

$$A = 5,4 / 1,5 = 3,6 \text{ m}^2$$

$$A = B \times D, \text{ se for adotado } B = 2,5\text{m}, \text{ então } D = 1,44\text{m}$$

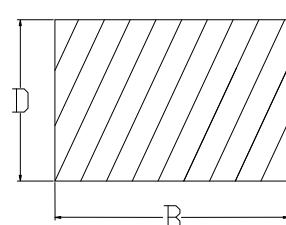
$$\text{Da equação de Manning, } V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

n

onde: V – Velocidade em m/s

R – Raio Hidráulico – m

S – Declividade – m/m



Sabe-se que $R = Am/Pm$, em que Am = Área Molhada e P = Perímetro da Área molhada. Calculando-se $R = 3,6 / (2 \times 1,44 + 2,5) = 3,6 / 5,38 = 0,67$ m. Entrando-se com os respectivos valores na fórmula de Manning, obtém-se o valor da declividade – S . Adotar o valor de η igual a 0,027.

$$1,5 = \frac{1}{0,027} (0,67)^{2/3} S^{1/2}$$

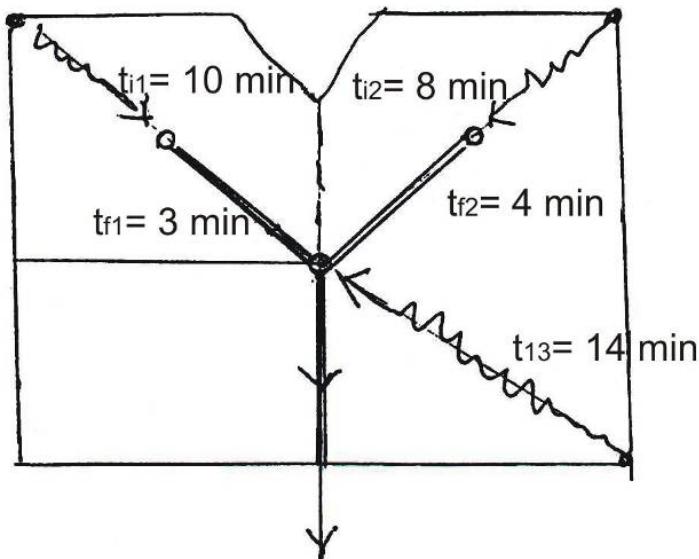
0,027

$$S^{1/2} = 0,052894$$

Logo, $S = 0,0027978$ ou seja $0,28\% = 0,3\%$

- Exercício 07:

Considere a seguinte bacia de contribuição, composta das áreas 1, 2 e 3 e seus respectivos tempos de escoamento (t_{ij}) e fluxo (t_{fj}). Definir o tempo de concentração para o ponto A.



$$Tc_1 = t_{i1} + t_{f1} = 10 + 3 = 13 \text{ min}$$

$$Tc_2 = t_{i2} + t_{f2} = 8 + 4 = 12 \text{ min}$$

$Tc_3 = t_{i3} + t_{f3} = 14 + 0 = 14$ min (máximo Tc), logo o tempo de concentração da bacia será:

$$Tc = 14 \text{ min}$$

A intensidade de precipitação de chuva pode ser obtida do ábaco da figura 2, isto é, para um Tempo de Recorrência - TR de 10 anos, o valor de $I = 175 \text{ mm/h}$.

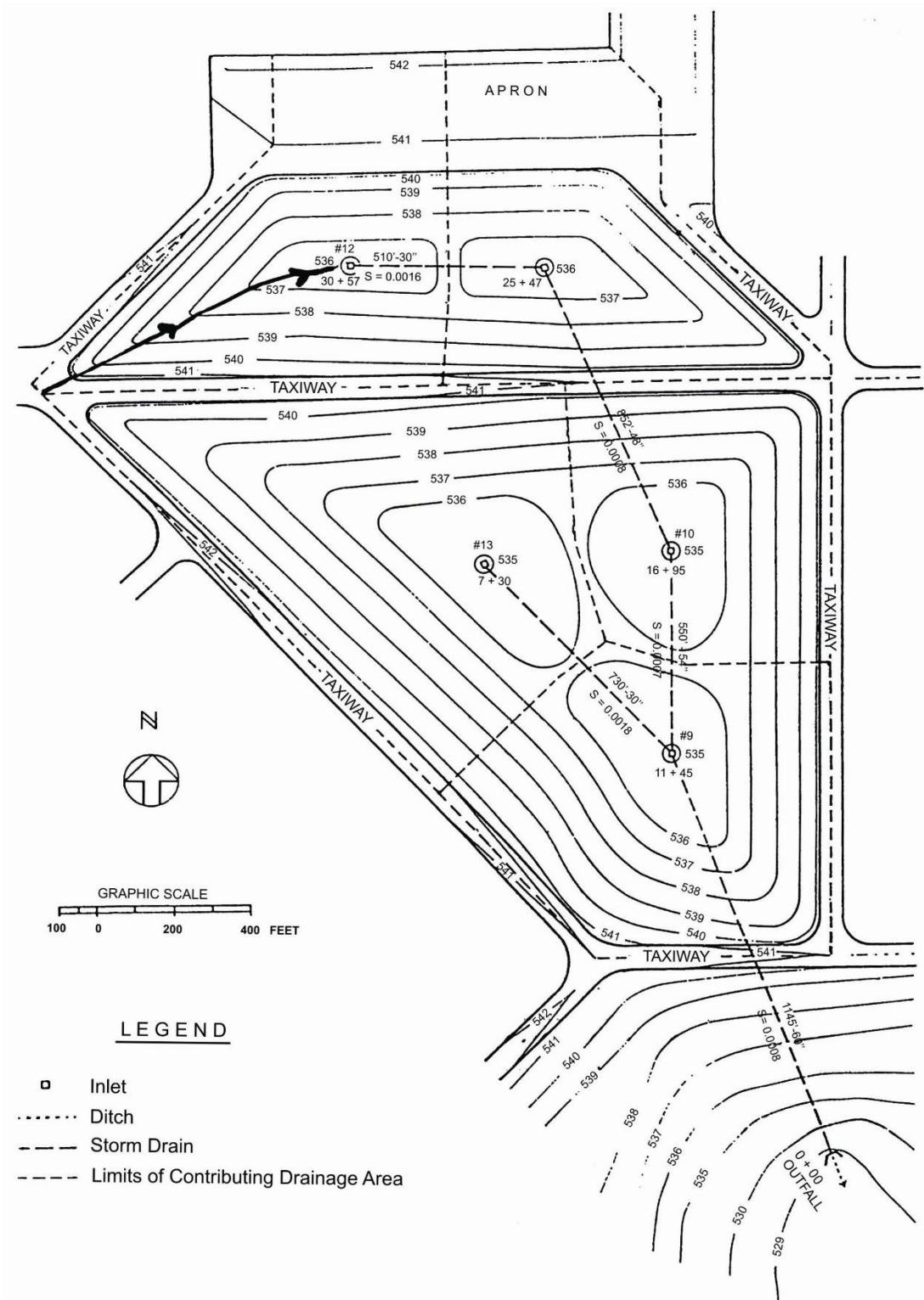
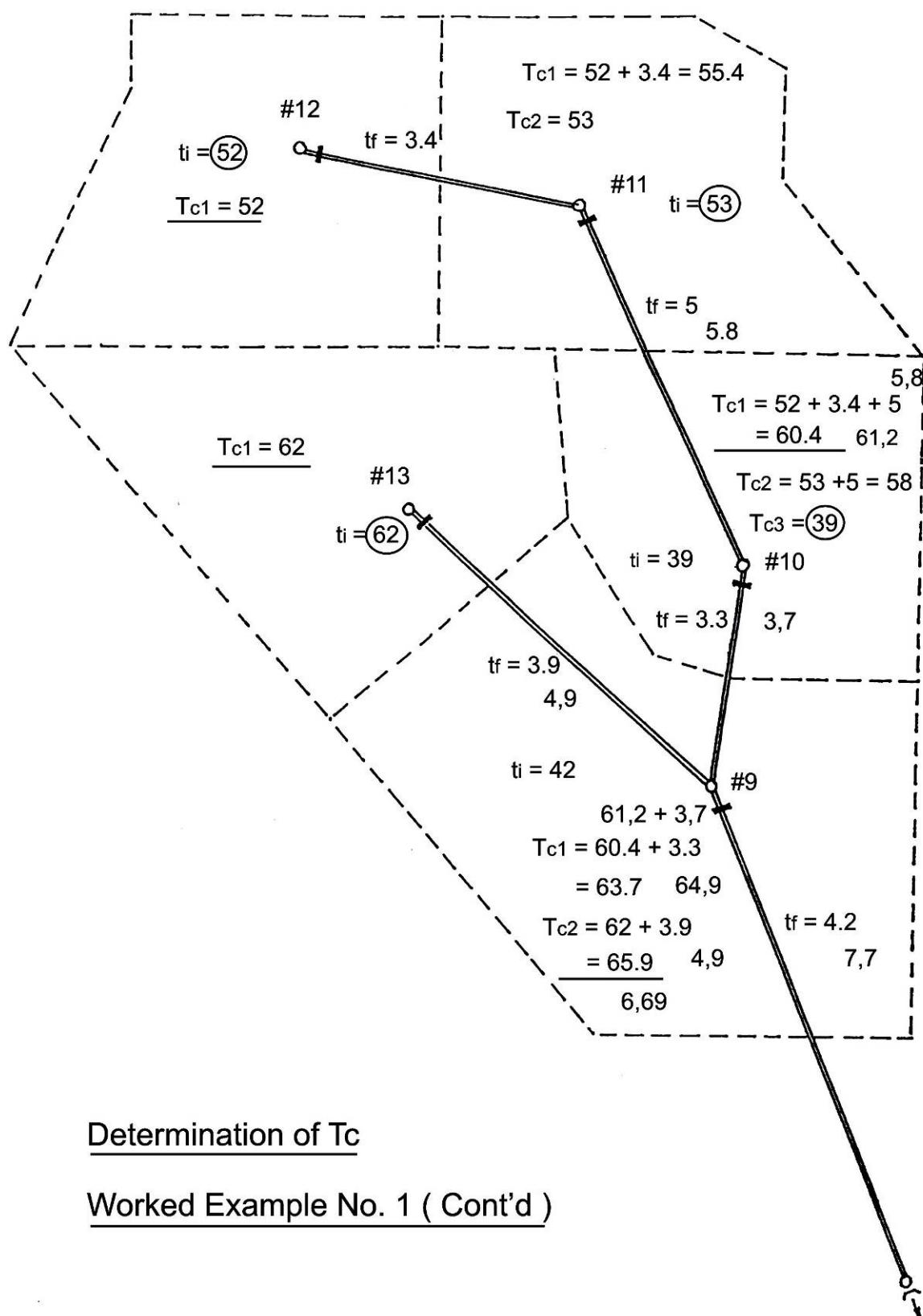
FIGURA 2.04 - Exemplo De Projeto de Drenagem

FIGURA 2.05 - Determination of TcDetermination of TcWorked Example No. 1 (Cont'd)

Planilha de Cálculo de Rede de Drenagem em Aeroportos – Método Racional

TEMPO DE RECORRÊNCIA - TR =

VELOCIDADE MÉDIA NOS DRENOS = 0,75 m/s

VM Adot = 1,00 m/s

η = 0,015

Bueiro	Trecho Dreno	Compr. Dreno (m)	TC Bueiro (min)	TE Dreno (min)	TC Bacia (min)	I (mm/hr)	Área de Contribuição		CA (ha)	Σ CA (ha)	Q (m³/s)	Seção Dreno D (cm)	Decliv. %	Área Molhada (m²)	Velocid. (m/s)
							Paviment.	Gramada							
12	12-11	155	52	3,4	52	88	1,737	1,203	2,94	2,94	0,72	110	0,32	0,96	
11	11-10	259	53	5,8	55,4	84	1,998	1,122	3,12	6,06	1,41	155	0,25	1,89	
10	10-9	167,2	39	3,7	61,2	78	0,369	1,329	1,698	7,758	1,68	169	0,23	2,24	
13	13-9	221,9	62	4,9	62	76	0,72	2,370	3,09	10,848	2,29	197	0,21	3,05	
9	9-10	348,1	42	7,7	66,9	74	0,531	1,770	2,301	13,149	2,7	214	0,20	3,60	

AULA 03

1. Sinalização Horizontal de Pista

1.1. Tipos de Sinalização

Tipo de Operação da Pista	Elementos da Sinalização
VFR	Eixo de pista Designação de pista Faixas de cabeceira Ponto de espera
IFR - Não Precisão	Eixo de pista Designação de pista Faixas de cabeceira Ponto de visada Ponto de espera
IFR - Precisão	Eixo de pista Designação de pista Faixas de cabeceira Ponto de visada Marca de zona de contato Faixa lateral Ponto de espera

1.2. Pista de Pouso e Decolagem

- **Pista de pouso e decolagem:** pintura cor branca. Em pavimento de cor clara a pintura terá uma moldura na cor preta.
- **Pista de táxi:** pintura cor amarela.
- **Posições de pátio de aeronaves:** pintura cor amarela.

FIGURA 3.01 - Influência das Condições Meteorológicas

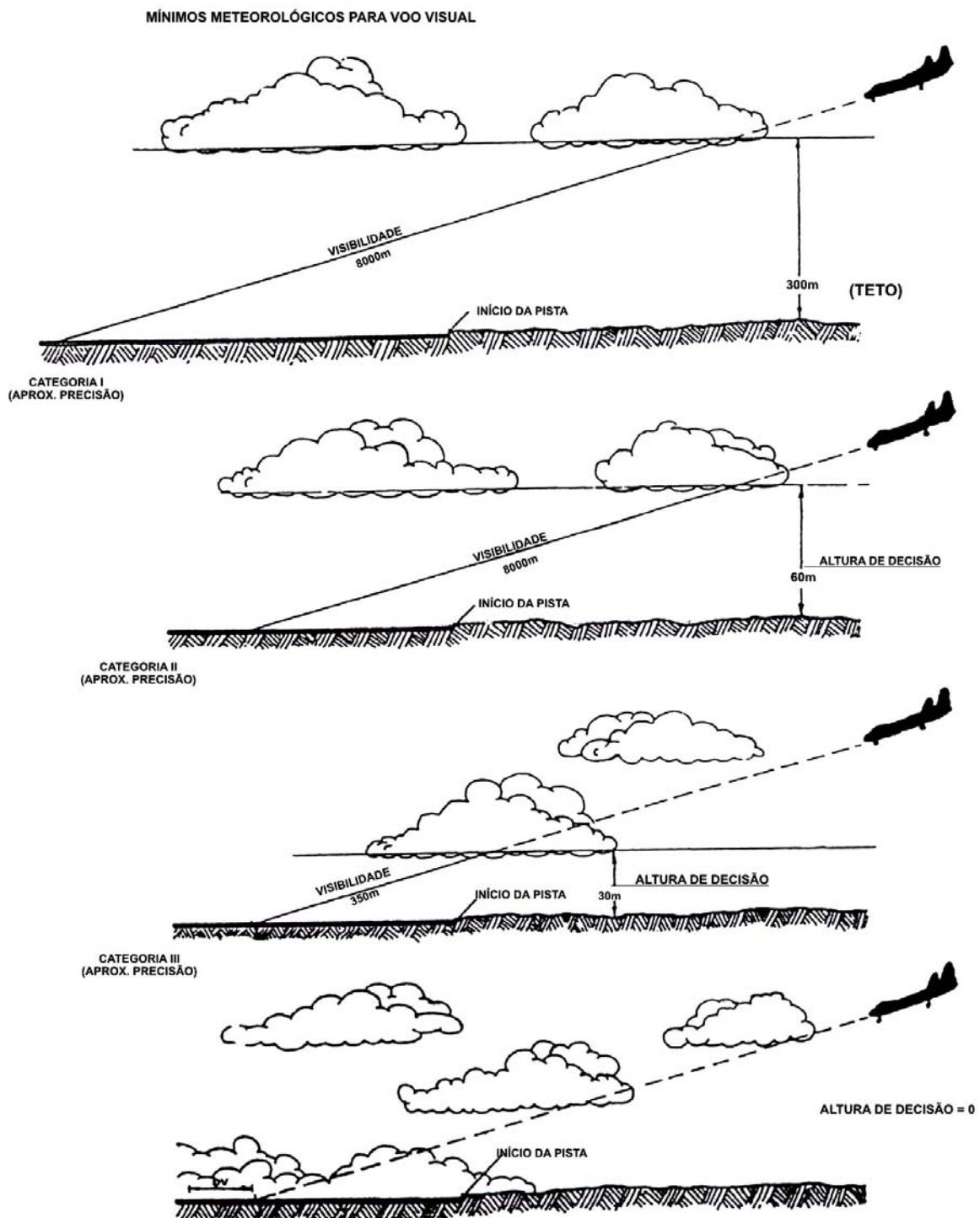


FIGURA 3.02 - Exemplo de Identificação de Pista

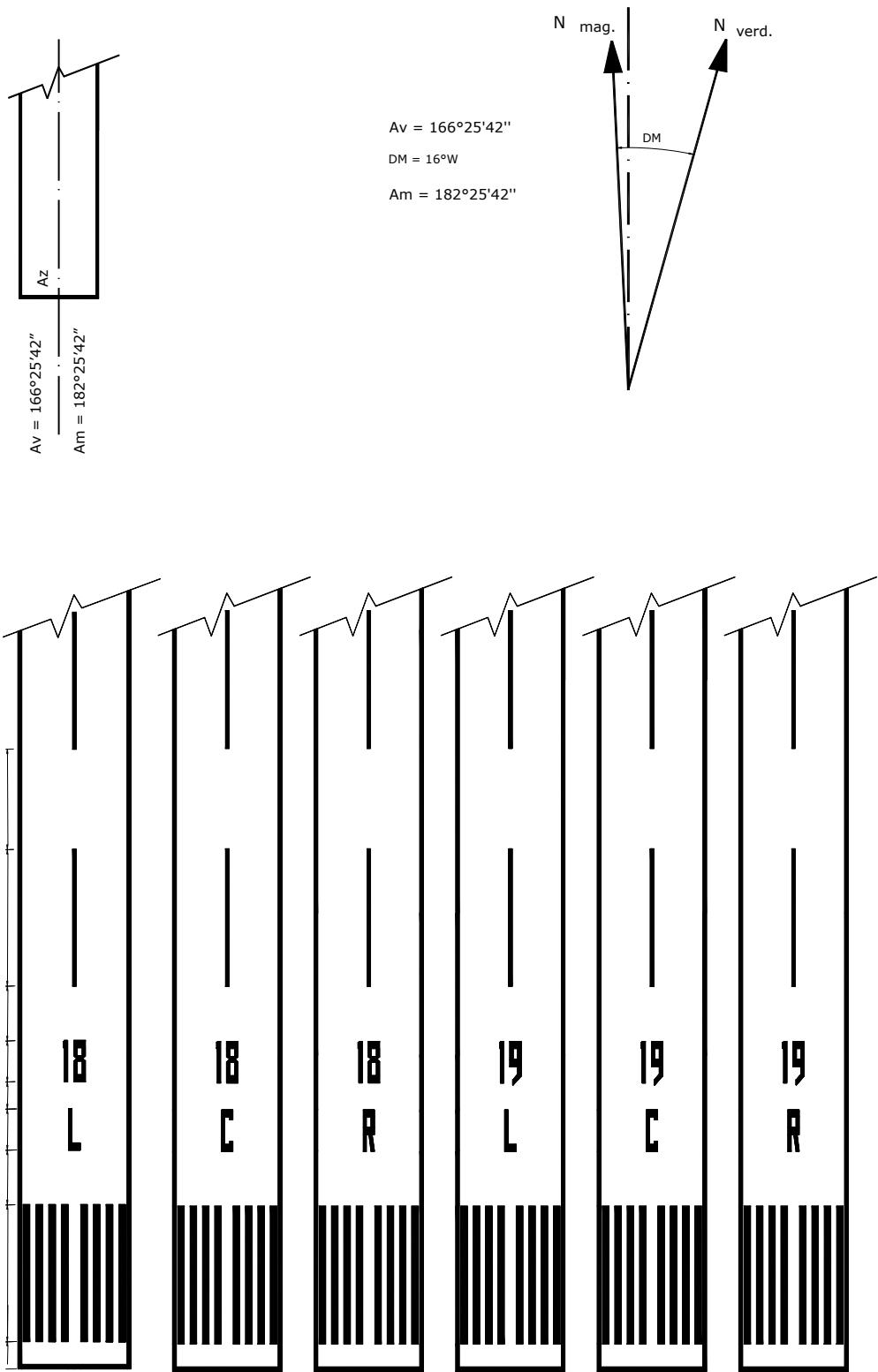
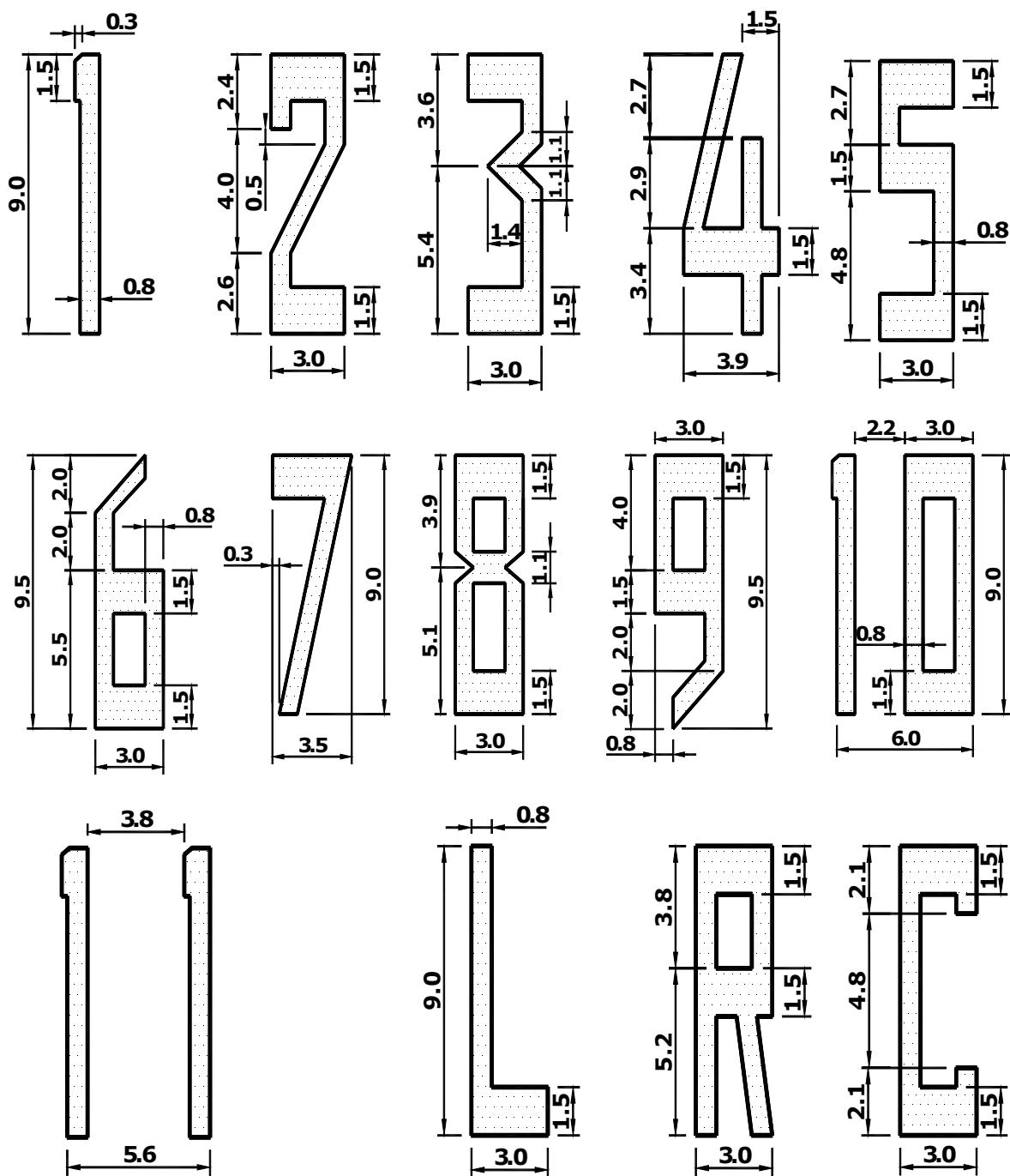


FIGURA 3.03 - Formas e Proporções dos Números e Letras de Identificação de Pista de Pouso



NOTA : UNIDADES EM METROS

FAIXA DE CABECEIRA:

Largura da pista	Número de faixas
18 m	4
23 m	6
30 m	8
45 m	12
60 m	16

A) Eixo: Toda pista pavimentada deve ter sinalização de eixo, que é uma linha de traços uniformemente espaçados, sobre o eixo longitudinal da pista, localizados entre as duas sinalizações designadoras de pista, como figuras 3.04 e 3.05. O comprimento de cada traço mais o intervalo deve estar compreendido entre 50m e 75m. O comprimento de cada traço deve ser de no mínimo 30m ou pelo menos igual ao comprimento do intervalo, escolhendo-se o que for maior. Sua largura depende do tipo de operação do aeródromo:

- 90cm em pista para aproximação de precisão CAT II ou CAT III;
- 45cm em pistas para aproximação de precisão CAT I ou em pistas para aproximações que não sejam de precisão, cujo código de pista seja 3 ou 4;
- 30cm nos demais casos.

FIGURA 3.04

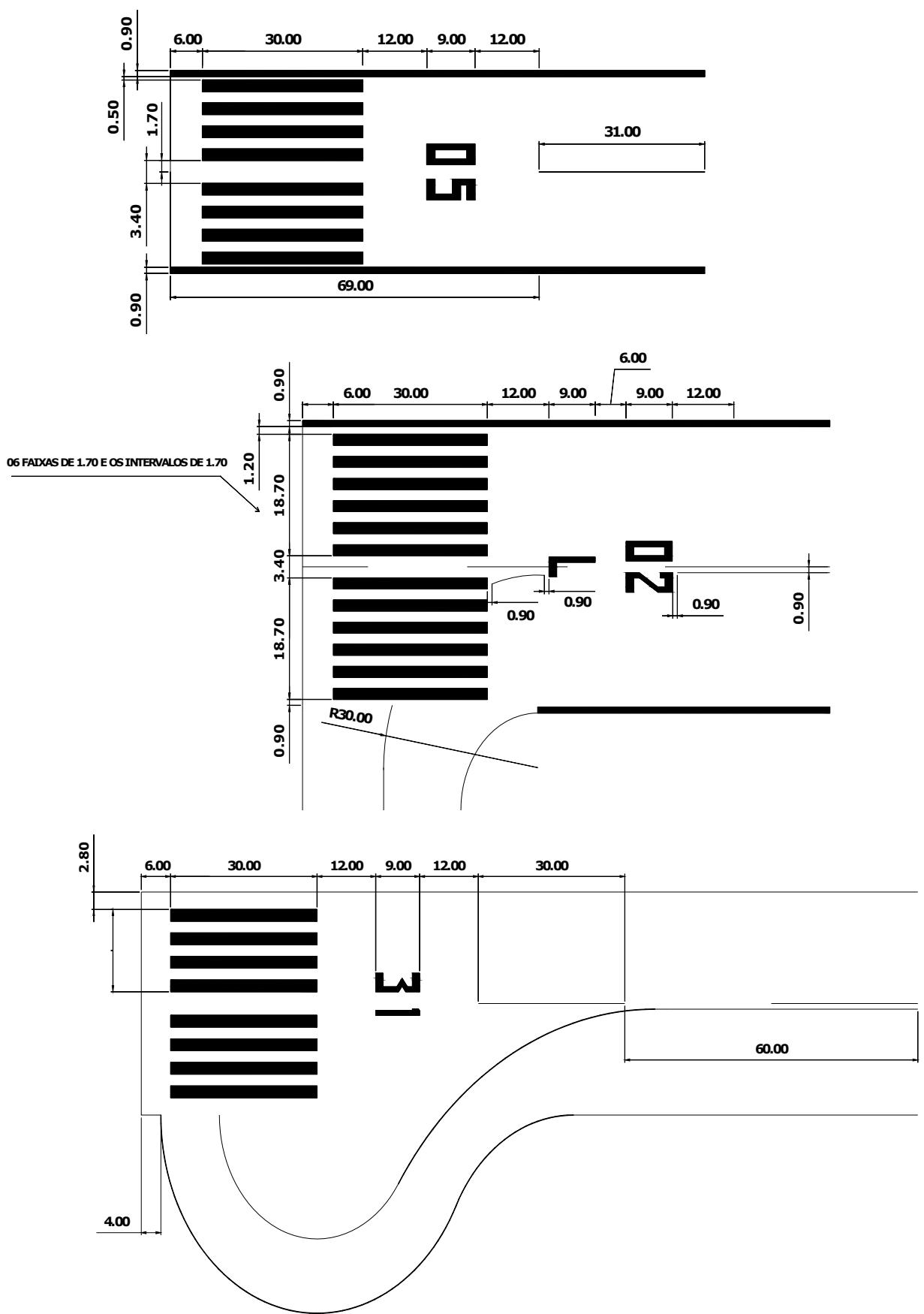
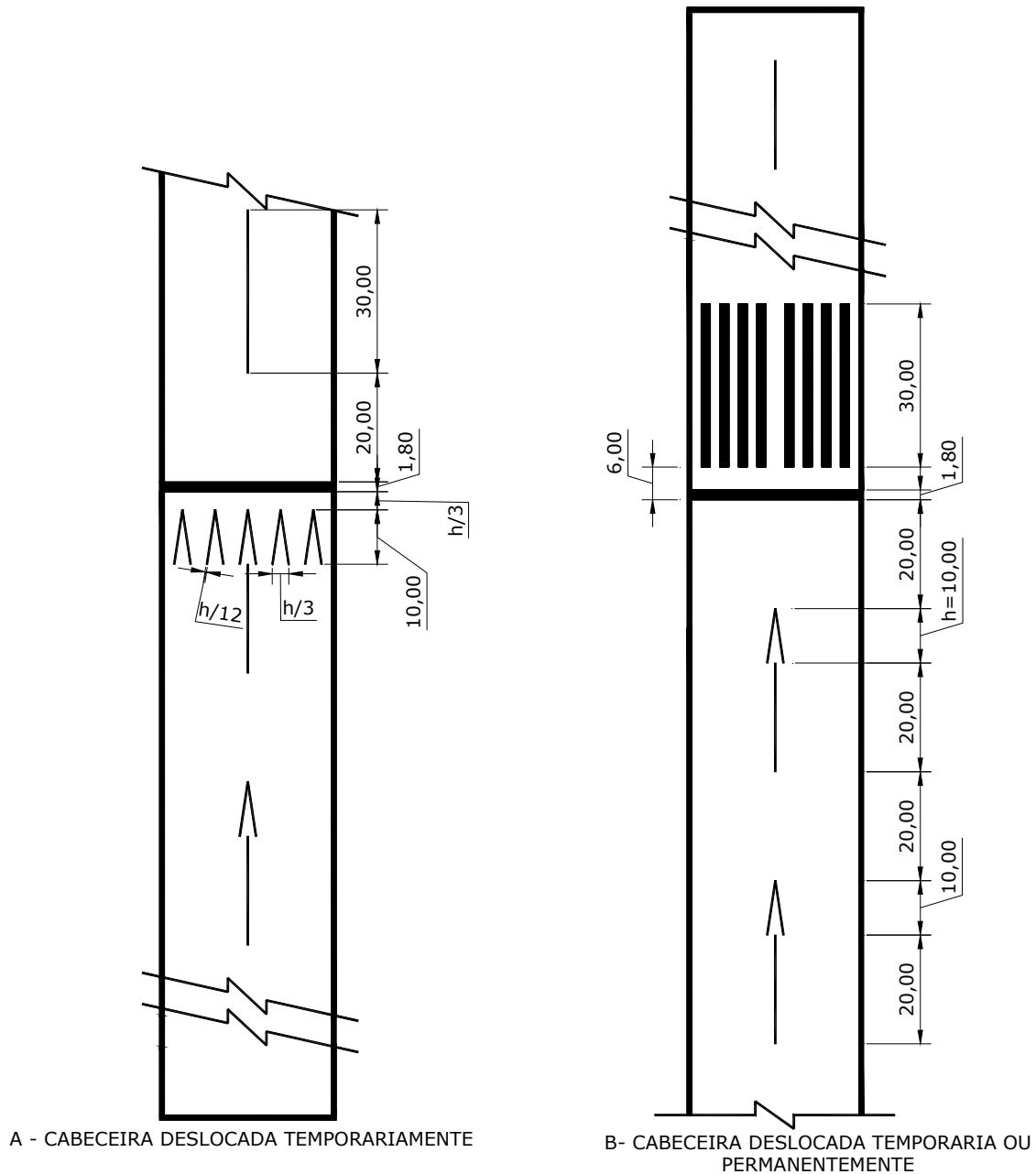


FIGURA 3.05



B) Ponto de Visada: é utilizada em ambos os extremos das pistas pavimentadas de vôo por instrumento, cujo código de pista seja 2, 3 ou 4. Consiste de duas faixas retangulares, uma de cada lado do eixo longitudinal da pista e, a distância entre seus lados internos e suas dimensões é variável, conforme tabela e figura 3.05. Havendo sinalização de zona de contato, a separação lateral entre estes dois tipos de sinalização deve ser a mesma.

PONTO DE VISADA
LOCALIZAÇÃO E DIMENSÕES

Localização e dimensões	Distância disponível para aterrissagem (D) em metros			
	D < 800	800 ≤ D 1.200	1.200 ≤ D < 2.400	2.400 ≤ D
Distância da cabeceira ao início da faixa	150m	250m	300m	400m
Comprimento da faixa	30-45m	30-45m	45-60m	45-60m
Largura da faixa	4m	6m	6-10m	6-10m
Espaço lateral entre os lados internos das faixas	6m	9m	18-22,5m	18-22,5m

FIGURA 3.06

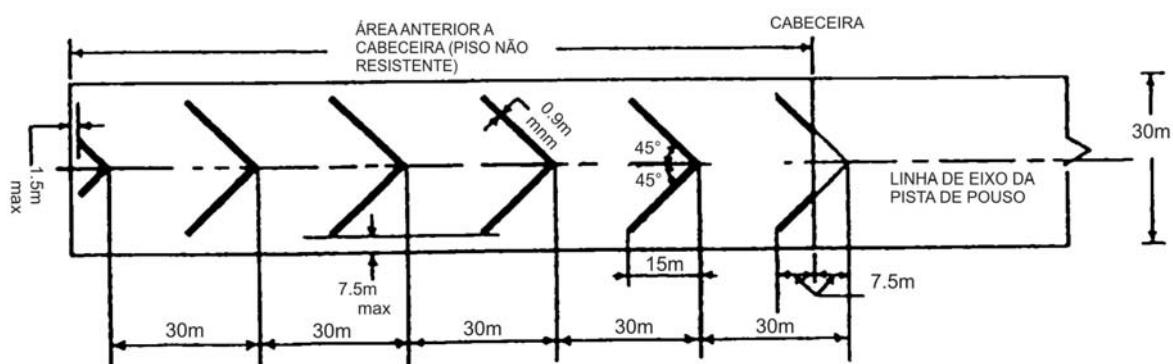
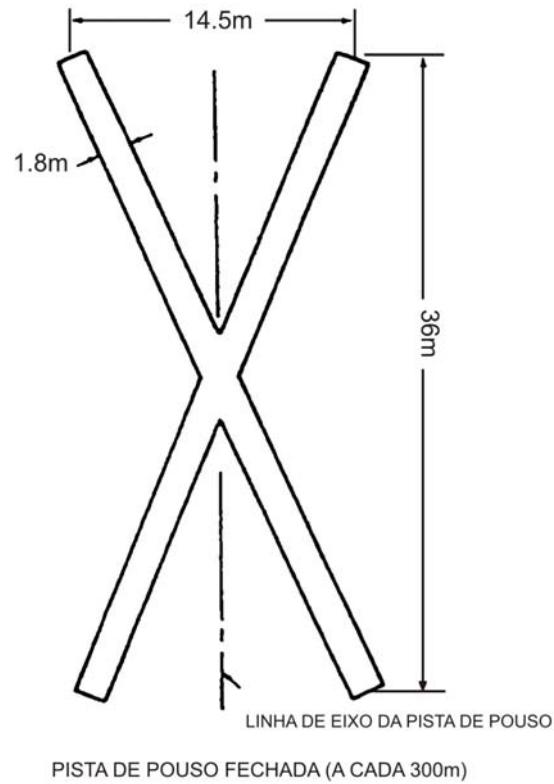


FIGURA 3.07

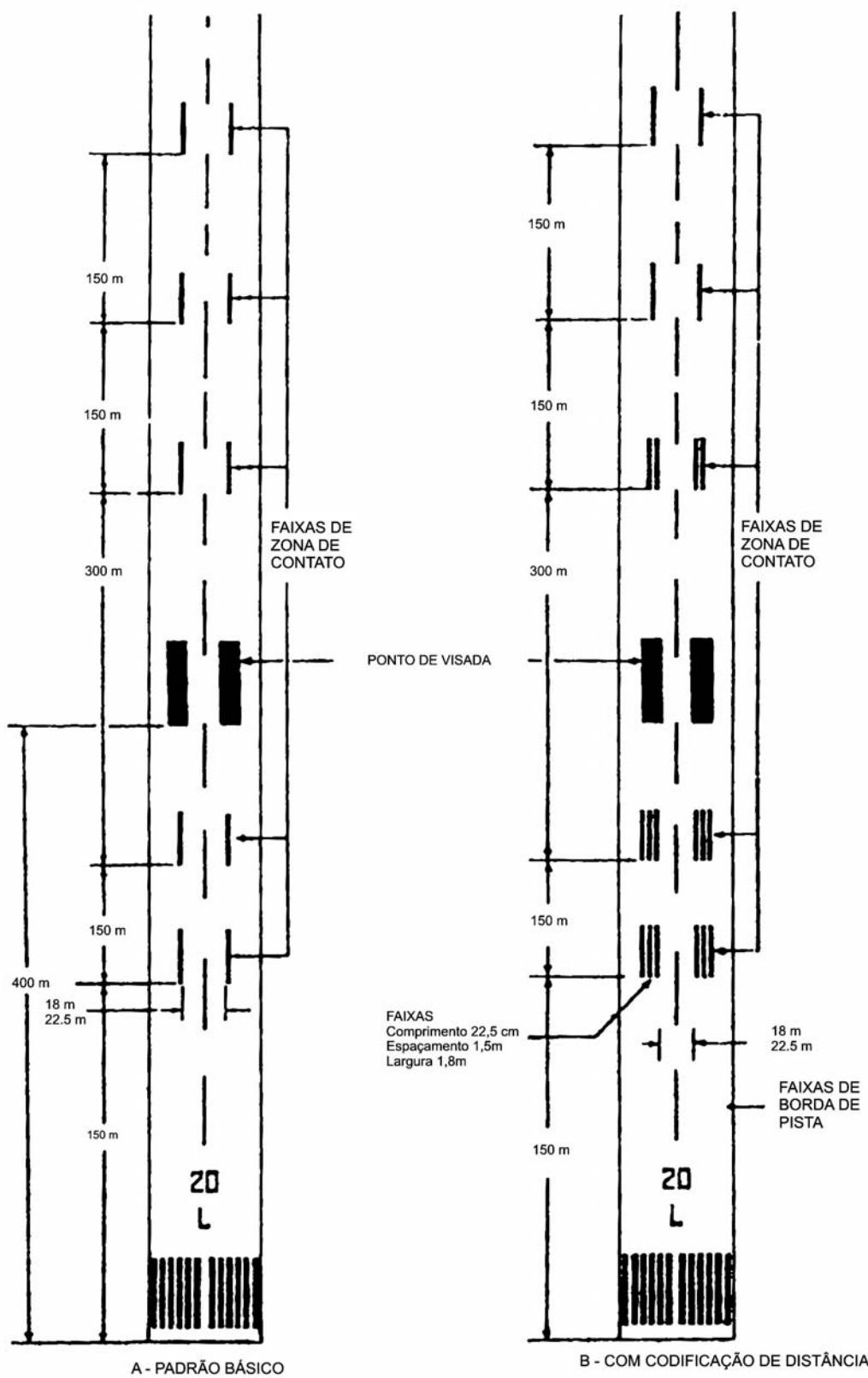
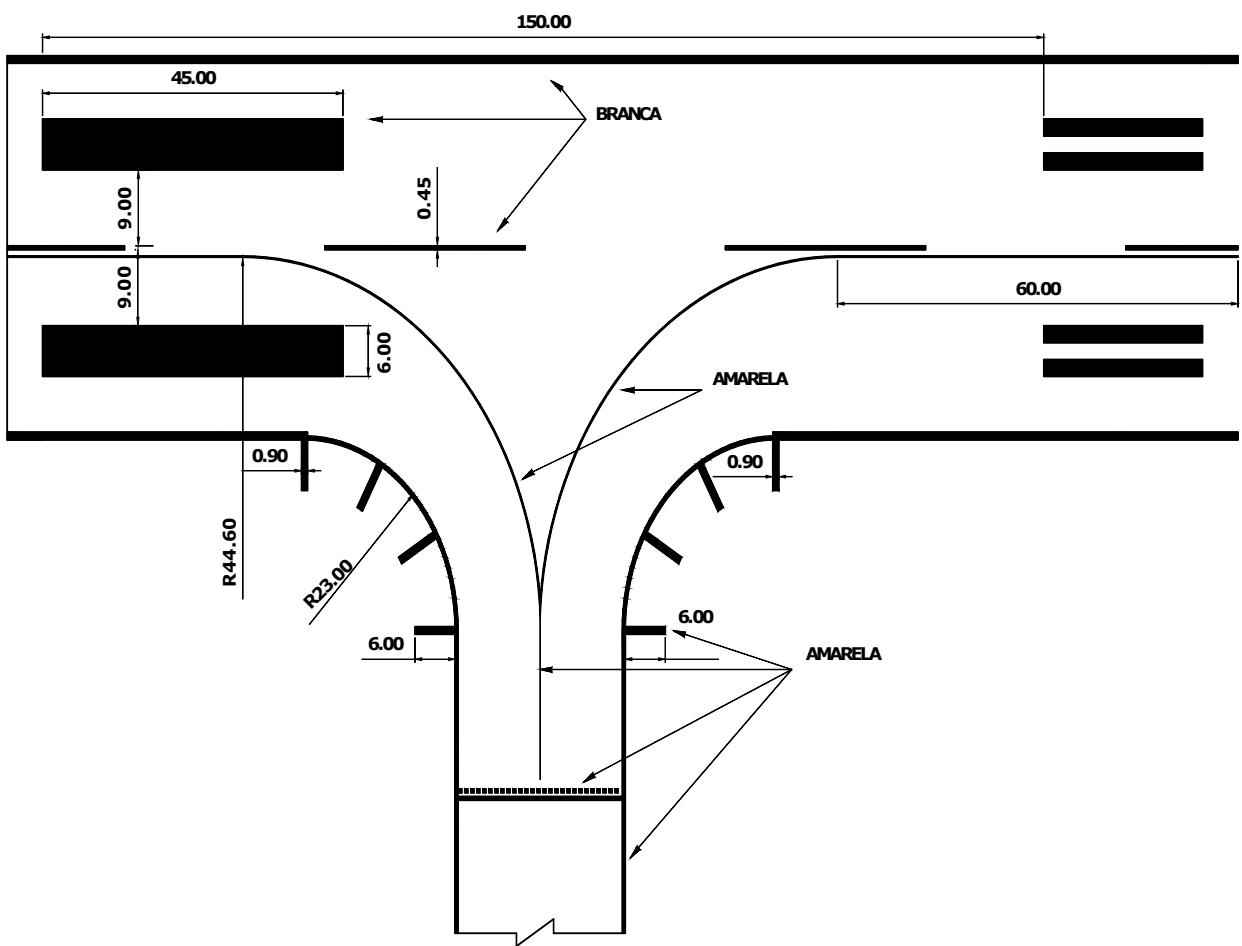


FIGURA 3.08

C) Zona de Contato: É utilizada em ambos os extremos das pistas para aproximação de precisão cujo código de pista seja 2, 3 ou 4. Consiste de pares de faixas retangulares, a cada lado do eixo longitudinal, existindo uma configuração básica e outra com codificação de distância, conforme figura 3.0.6. Na configuração básica o comprimento mínimo é de 22,5m e a largura mínima de 1,8m, com separação entre faixas adjacentes de 1,5m. O espaçamento lateral entre os lados internos dos retângulos deve ser o mesmo utilizado para a sinalização de ponto de visada. Os pares de faixas serão dispostos com intervalos longitudinais de 150m a partir da cabeceira, exceto quando estes pares coincidirem com a sinalização de ponto de visada ou estiverem situados a menos de 50m desta. A quantidade de pares utilizada será função do comprimento real da pista de pouso, conforme tabela.

SINALIZAÇÃO DE ZONA DE CONTATO

Comprimento real da pista	Pares de faixas
menos de 900m	1
900 a 1200m (exclusive)	2
1200 a 1500m (exclusive)	3
1500 a 2400m (exclusive)	4
2400m ou mais	6

D) Borda: É utilizada em todas as pistas de aproximação de precisão e nas pavimentadas, onde não houver contraste entre as bordas da pista e o terreno ou pavimento adjacente. Consiste de duas faixas, disposatas uma de cada lado do eixo de pista, ao longo de suas bordas, exceto no caso das pistas com mais de 60m de largura quando as bordas externas das faixas devem coincidir com a distância de 30m em ralação ao eixo da pista. A largura das faixas será de 0,90m, no mínimo, para as pistas com 30m de largura ou mais e, de 0,45m para as pistas com largura inferior a 30m conforme figuras 3.06 e 3.07.

Na intersecção de duas ou mais pistas, deve ser conservada a sinalização horizontal da pista mais importante, interrompendo-se das demais. A sinalização de borda da pista de pouso mais importante pode ser mantida ou interrompida. A ordem de importância das pistas para efeto de conservação de sinalização horizontal é a seguinte:

- 1)** Pista de aproximação de precisão (CAT I, CAT II ou CAT III);
- 2)** Pista de aproximação que não seja de precisão;
- 3)** Pista de pouso visual;
- 4)** Pista de rolamento.

1.3. Tipos de Sinalização de Pista de Rolamento ou Táxi

A) Eixo: Deve ser utilizada em toda pista de rolamento pavimentada. Consiste de um traço contínuo com 0,15m de largura, no mínimo, o qual só é interrompido ao encontrar a sinalização de ponto de espera. Nas curvas conserva, em relação à borda externa, a mesma distância que tinha parte retilínea, em relação às bordas. Nas interseções com as pistas de pouso, o eixo deverá formar uma curva para unir-se com o eixo da pista, prolongando-se paralelamente, por 60m (se o código de pista for 3 ou 4) ou por 30m (se o código de pista for 1 ou 2), além do ponto de tangência, mantendo uma separação, entre os centros das faixas, de 0,90m, conforme figura 3.07 e 3.08.

B) Borda: Deve ser utilizada nas pistas de rolamento pavimentadas, quando seu acostamento apresentar o mesmo aspecto e não possuir, no entanto, a mesma capacidade de suporte da pista de rolamento. Consiste de duas faixas duplas, dispostas uma de cada lado do eixo de pista, ao longo de suas bordas. A faixa dupla é composta por dois traços contínuos paralelos, cada uma com 0,15m de largura, com 0,15m de distância entre suas bordas internas. O limite lateral externo das faixas deve coincidir com a borda da pista de rolamento, como indica a figura 3.04 e 3.07. Com a finalidade de evitar confusão com o eixo de pista de rolamento, são utilizadas faixas transversais, no início e no final das curvas e nos pontos intermediários dos trechos retos. Estas faixas devem ter 0,90m de largura e seu comprimento deve ser 7,5m ou a largura do acostamento menos 1,5m, utilizando-se a que for menor, e os intervalos, em cada ponto de tangência, não deve exceder 15m e em pequenos trechos retos, tais intervalos não devem exceder 30m.

C) Ponto de Espera: É utilizada sempre que houver a intersecção de uma pista de rolamento pavimentada com uma pista de pouso. Sua distância em relação ao eixo da pista de pouso varia de acordo com a classificação do aeródromo, conforme indicado na tabela seguinte e figura 3.08.

DISTÂNCIA MÍNIMAS ENTRE O EIXO DA PISTA DE POUSO E UM PONTO DE ESPERA

Tipo de aproximação	Código de Pista			
	1	2	3	4
Aproximação visual	30m	40m	75m	75m
Aproximação de não precisão	40m	40m	75m	75m
Aproximação de precisão Categoria I	60m	60m	90m	90m
Aproximação de precisão Categoria I e II	-	-	90m	90m
Decolagem	30m	40m	75m	75m

FIGURA 3.09 - Ponto de Espera

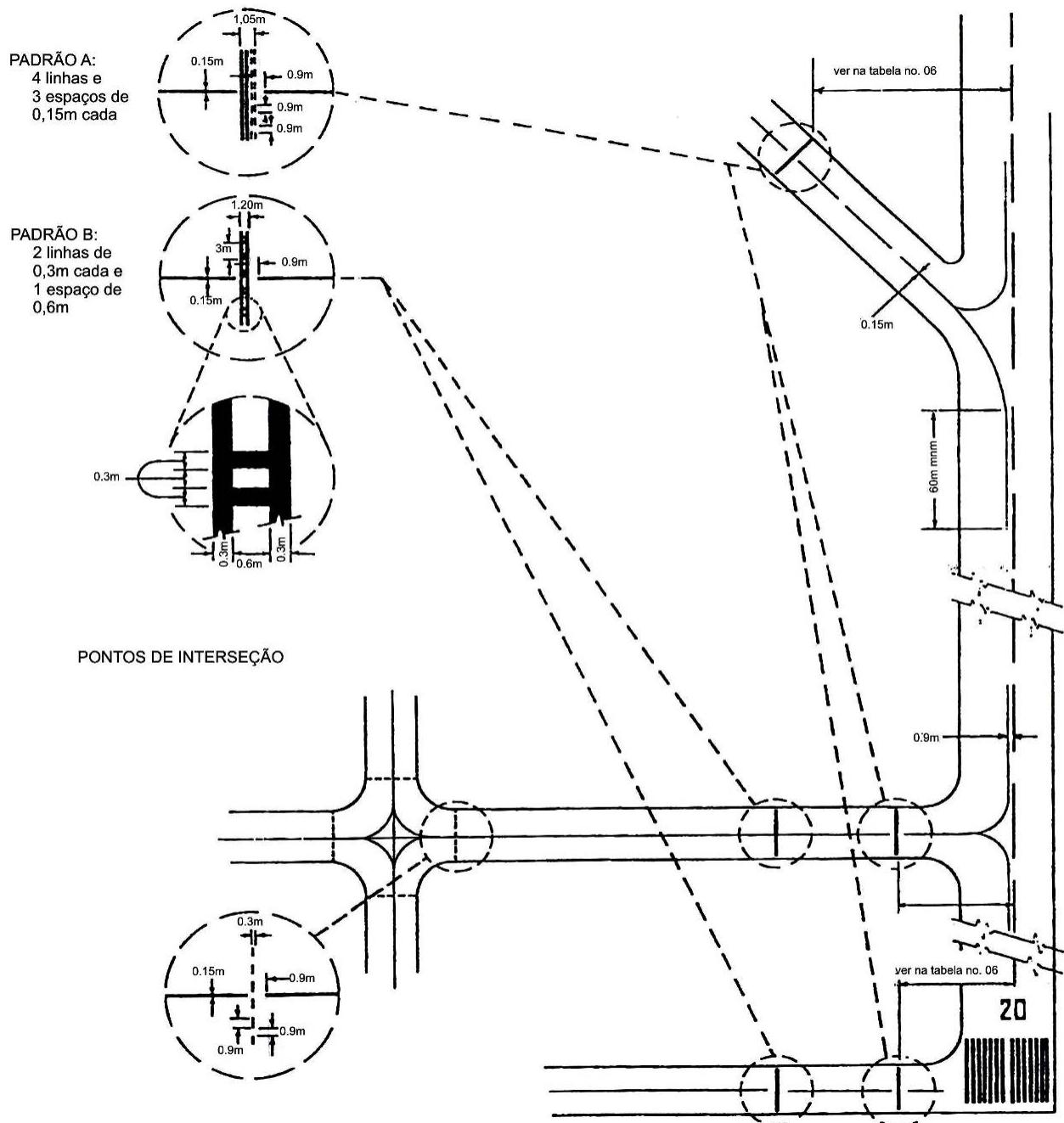
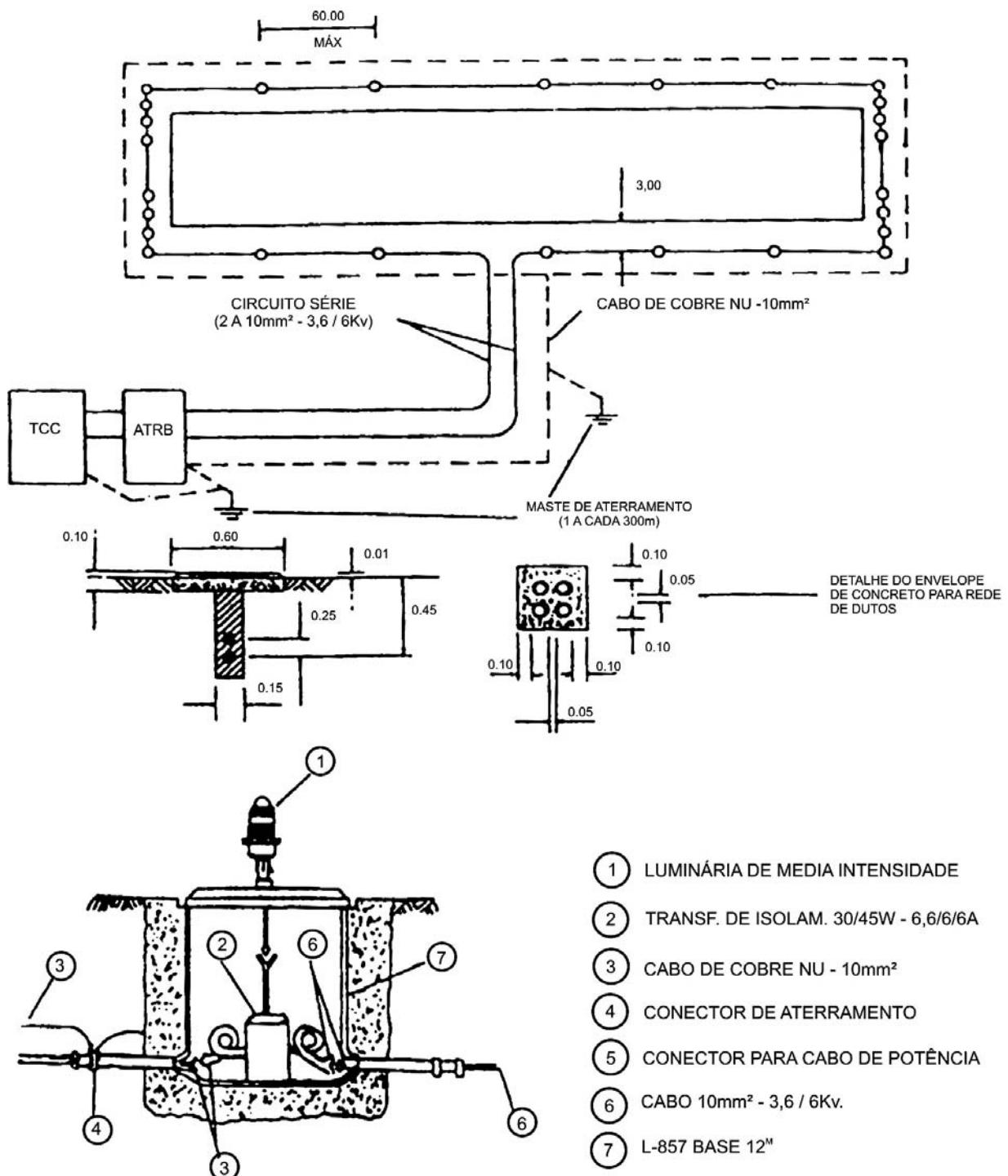


FIGURA 3.10 - Sinalização Luminosa – Detalhes



1.4. Exercício – Sinalização Horizontal de Pista P/D

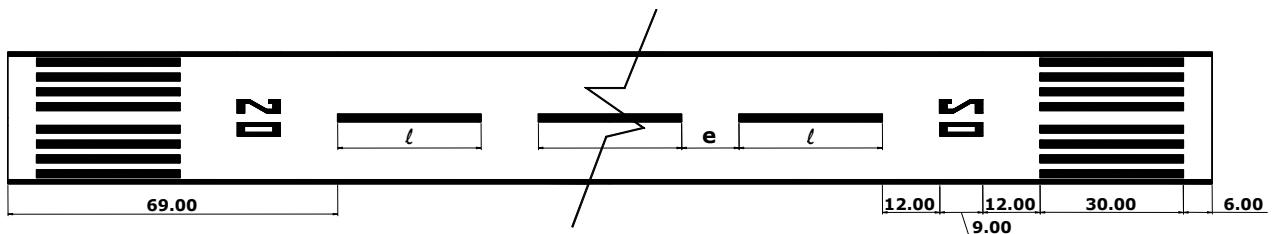
Elaborar o cálculo da pintura de eixo de pista correspondente ao projeto de sinalização horizontal de um aeroporto operação Cat.I, e cuja pista de pouso e decolagem possui 1.800 metros de comprimento e 30 metros de largura.

1) Definição da largura da faixa de pista = 90cm (Cat.II e Cat.III)

= 45cm (Cat.I e N- Precisão código 3 e 4)

= 30cm (demais casos)

2) Cálculo do comprimento das faixas de eixo de pista.



PE – espaço para pintura das faixas de eixo de pista

l – comprimento da faixa

e – espaço entre faixas

$$PE = C - 2 \times 69, \text{ onde } PE = n(l+e) + l, \text{ ou seja, } PE - l = n(l+e)$$

Restrições:

$$l \geq e ; 50m \leq (l+e) \leq 75m; l \geq 30m$$

$$C = 1800m - \text{código 3 , operação instrumento Cat. I, logo a largura será} = 45cm.$$

$$PE = 1800 - 168 = 1662m$$

1ª hipótese: $l = 30m$, $e = 20m$, onde o conjunto $(l+e) = 50m$

$(1662 - 30) = n(30+20) = 32,64$ como n não é inteiro, tomo a parte fracionária e multiplico pelo conjunto $(l + e)$, ou seja, $0,64 \times 50 = 32$ m de diferença (faltando). Neste caso, em que $l > e$, posso acrescentar esta diferença nos espaços. Assim, acrescento $32m/32 = 1m$ e o novo espaço será = 21m.

Projeto final: $l = 30m$

$$e = 21m$$

$$n = 32 \text{ conjuntos } (l+e), \text{ além da faixa no final}$$

pintura das faixas = $(32+1) \times 30 = 990\text{m} \times \text{largura da faixa}$.

Verificação: PE = n (l + e) + l, isto é, PE = 32 (30+21) + 30 = 1662m

2ª hipótese: l = 37m, e = 37m, onde o conjunto (l+e) = 74m

$(1662 - 37) = n (37+37) = 21,95945$ como **n** não é inteiro, tomo a parte fracionária e multiplico pelo conjunto (l + e), ou seja, $0,95945 \times 74 = 71\text{m}$ de diferença (faltando). Neste caso, em que l = e estando o conjunto (l + e) próximo do valor limite de 75m e assim a distribuição da diferença nos espaços, ou seja, $71\text{m}/21 = 3,38\text{m}$ ultrapassará este limite, Como a parte fracionária é próxima da unidade, a solução será arredondar o **n** para 22 conjuntos e a diferença ($74 - 71 = 3\text{m}$) reduzir nos espaços, considerando-se um número de conjuntos pares para o equilíbrio do projeto de forma simétrica (duas cabeceiras). Assim, será distribuído 0,5m em seis conjuntos com a redução dos espaços.

Projeto final: l = 37m

e = 37m, sendo 6 conjuntos com e = 36,5m

n = 22 conjuntos (l+e), além da faixa no final

pintura das faixas = $(22+1) \times 37 = 851\text{m} \times \text{largura da faixa}$.

Verificação: PE = n (l + e) + l, isto é, PE = 16 (37+37) + 6 (37+36,5) + 37 = 1662m

Observação: a 2ª hipótese resultará em uma menor área de pintura.

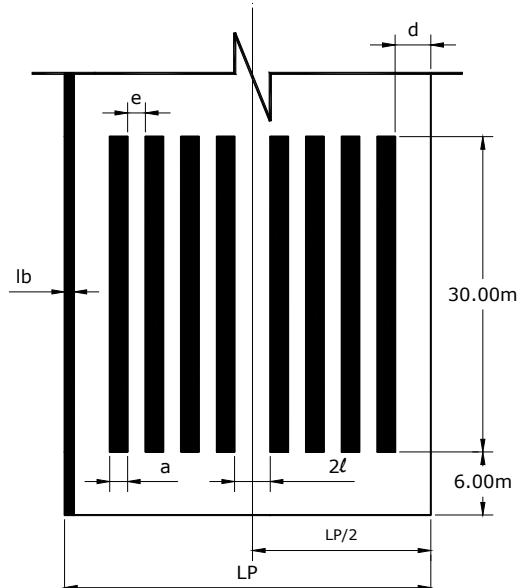
Elaborar o projeto das faixas de cabeceira de uma pista P/D conforme dados a seguir:

Largura da pista	Número de faixas
23m	6
30m	8
45m	12

$$N_f/2 \times (a+e) + d = LP/2, d \leq 3,00\text{m}$$

$$a = e, a = 1,80\text{m} \text{ a } 1,60\text{m} \text{ (centro = } 2e)$$

$$LP < 30 \text{ lb} = 0,45\text{m} \text{ e } LP \geq 30 \text{ lb} = 0,90\text{m}$$



1) Largura da pista = 30metros e largura da pintura de borda = 0,90metros.

$8/2 \times (1,8+1,8) + d = 30/2$, assim $d = 0,60m$, onde $\mathbf{lb} = 0,90 > d = 0,60$ reduzir espessura da faixa e espaços de 1,80m para 1,70.

$8/2 \times (1,7+1,7) + d = 30/2$, assim $d = 1,40m$, onde $\mathbf{lb} = 0,90 < d = 1,40$ (Ok, isto resultará em 0,50m entre a faixa e a pintura de borda).

2) Largura da pista = 45metros e largura da pintura de borda = 0,90metros.

$12/2 \times (1,8+1,8) + d = 45/2$, assim $d = 0,90m$, onde $\mathbf{lb} = 0,90 = d$ reduzir espessura da faixa e espaços de 1,80m para 1,70.

$12/2 \times (1,7+1,7) + d = 45/2$, assim $d = 2,10m$, onde $\mathbf{lb} = 0,90 < d = 2,10$ (Ok, isto resultará em 1,20m entre a faixa e a pintura de borda).

3) Largura da pista = 23metros e largura da pintura de borda = 0,45metros.

$6/2 \times (1,8+1,8) + d = 23/2$, assim $d = 0,70m$, onde $\mathbf{lb} = 0,45 < d = 0,70$ (Ok, isto resultará em 0,25m entre a faixa e a pintura de borda).

AULA 04

1. Acessos Terrestres e Estacionamentos

1.1. Parâmetros para o Dimensionamento dos Estacionamentos de Automóveis em Aeroportos Brasileiros

Lenise Grando Goldner – PPGEC / UFSC

Nilton Goldner – AEROPLANOS Ltda

David Esteche Pedrozo- PPGEC/UFSC

Este trabalho objetiva analisar os estacionamentos de automóveis nos aeroportos brasileiros. Para tal realizou-se uma ampla coleta de dados nos aeroportos Hercílio Luz em Florianópolis e Salgado Filho em Porto Alegre. Pesquisou-se o uso dos diferentes tipos de estacionamentos disponíveis nos aeroportos, o perfil do usuário do estacionamento, o tempo de permanência na vaga e as taxas de utilização dos mesmos. Para uma amostra global de 26 aeroportos administrados pela Infraero propõe-se um modelo de regressão linear que fornece o número de automóveis que utilizam o estacionamento por ano, mês e dia de maior movimento em função do número correspondente de passageiros embarcando e desembarcando no aeroporto. Todas estas informações propiciam ao planejador de transportes o dimensionamento adequado do número de vagas de estacionamento para aeroportos brasileiros, em expansão ou em novos empreendimentos.

Abstract

This paper aims to investigate the Brazilian airports parking lots. To reach this target were collected raw data from airports Hercílio Luz and Salgado Filho, located in the cities of Florianópolis and Porto Alegre, respectively. It was researched the use of different kinds of available parking places in these airports, parking user's profile, duration time on parking spaces and the rates of utilization of them. For one sample composed of 26 airports administered by Infraero, it was proposed one linear regression model that provides the number of vehicles which use parking spaces per year, peak month or peak day as function of the number of corresponding passengers embarking plus disembarking in the airport. These entire information permits transport planners the adequate dimensioning of the number of parking spaces for the Brazilian airports parking lots, in the expansion or construction of new airport.

1.2. Introdução

Os aeroportos destacam-se como um importante Pólo Gerador de Tráfego existente em áreas urbanas, que produzem e atraem um grande número de viagens terrestres, causando problemas na fluidez e segurança do tráfego dos acessos e na área do entorno, bem como a necessidade de um número significativo de vagas de estacionamento para automóveis.

Os aeroportos são, de maneira geral, sistemas complexos, dentre outras razões pela diversidade de seus usuários (passageiros, funcionários de companhias aéreas e da administração do aeroporto, visitantes, acompanhantes, etc.), pela inter-relação entre eles e pelos diferentes modos de transportes utilizados pelos mesmos.

Segundo afirmação de Keefer (1966) e Leher & Freeman (1998), que estudaram os acessos terrestres e os estacionamentos de aeroportos, torna-se difícil generalizar os modelos e parâmetros obtidos nos estudos, face à já citada complexidade e diversidade entre os aeroportos e a realidade das cidades no qual estão inseridos.

Ashford e Wright (1984) consideram que uma das maiores dificuldades encontradas pelo planejador de transportes é determinar a localização e o número de vagas de estacionamento de veículos de um aeroporto.

No Brasil, Muller et al (1988) citam alguns índices para o dimensionamento dos estacionamentos: 1,5 a 2,0 vagas por passageiro na hora de pico; 1,0 vaga para cada 5 passageiros na hora de pico para o estacionamento de funcionários e 0,4 a 0,8 vagas por 1000 passageiros anuais para o aeroporto como um todo. Nos Estados Unidos, a FAA (Federal Aviation Administration) recomenda o oferecimento de 0,5 vagas por 1000 passageiros anuais.

Em relação ao tráfego das vias de acesso e solução para os congestionamentos existentes Schoenfeld (1979) propôs para o aeroporto Internacional de Los Angeles duas soluções: o fornecimento de estacionamento periférico à área do aeroporto e o estímulo à mudança do uso do automóvel para um sistema de vans, para o transporte deste estacionamento até o aeroporto.

Outros estudos, como do ITE (comitê 6A19, 1980), de Mohr e Gosling (1997), de Foote et al (1997), de Shapiro (1998), e de Lehre (1998), abordaram os problemas de circulação pelos acessos terrestres aos aeroportos, e maneiras de incrementar o transporte coletivo (ônibus, vans, trens etc) como alternativa de locomoção até os aeroportos, procurando minimizar os congestionamentos e diminuir a necessidade de vagas de estacionamento para veículos nos aeroportos.

No Brasil, durante o período de 2000 a 2004 realizou-se uma ampla pesquisa sobre as viagens terrestres aos aeroportos, através do estudo de caso dos Aeroportos Hercílio Luz em Florianópolis e Salgado Filho em Porto Alegre. Foram levantados dados sobre a demanda de viagens aéreas e características de cada um destes aeroportos administrados pela INFRAERO, realizadas entrevistas com os seus usuários para obtenção do perfil deles e as características das viagens terrestres; além do levantamento do número de automóveis que utilizaram os estacionamentos, bem como o número de vagas oferecidas (Goldner, 2002).

Enviou-se, também, um questionário ao superintendente dos demais aeroportos administrados pela INFRAERO no país, para coleta de dados sobre seus estacionamentos. Como resposta, obteve-se informações de 24 aeroportos, que somados aos de Florianópolis e Porto Alegre constituíram uma amostra de 26 aeroportos estudados.

Estudou-se ainda a probabilidade de escolha entre os tipos de estacionamentos oferecidos em função da tarifa adotada, através da calibração do Modelo Logit e o uso da técnica de preferência declarada (SP), além do estudo de modelos de escolha dos meios de transportes terrestres, em função das variáveis tempo de viagem e custo da viagem, com o uso do modelo Logit Multinomial (Goldner, 2004). Os resultados destes dois últimos estudos citados não serão objetos de apresentação neste artigo.

O objetivo deste trabalho é, portanto, condensar as informações sobre a demanda dos estacionamentos de automóveis dos aeroportos brasileiros estudados através da amostra mencionada, bem como sugerir taxas de utilização e modelos de previsão deste volume de automóveis como subsídios para o planejamento adequado das vagas de estacionamento para aeroportos do país.

Para os aeroportos Hercílio Luz e Salgado Filho apresentam-se as distribuições das viagens terrestres por meio de transporte, o local de estacionamento utilizado pelos usuários e as taxas de utilização dos estacionamentos para o ano, para o mês de maior movimento, para o dia de maior movimento e para a hora de pico; relacionando o número de automóveis com a demanda de passageiros embarcando e desembarcando para os períodos correspondentes, bem como a distribuição do tempo de permanência dos automóveis nas vagas.

Numa segunda etapa, agregou-se a estas informações os dados dos demais aeroportos da amostra apresentando-se um modelo de regressão linear que relaciona o número de automóveis no estacionamento (anual, mensal e diário) com o número de passageiros embarcando e desembarcando no período no aeroporto.

1.3. Composição da Amostra do Estudo

Os aeroportos pesquisados em detalhe, através de questionário para a administração, entrevistas “in loco” com os usuários e levantamentos de dados sobre a movimentação de veículos nos estacionamentos foram os aeroportos Salgado Filho e Hercílio Luz, ambos localizados em capitais no sul do Brasil.

O aeroporto Hercílio Luz em Florianópolis (Fpolis), no estado de Santa Catarina, é administrado pela INFRAERO e possui um importante papel no cenário brasileiro e do Mercosul (Mercado Comum entre Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai), principalmente pela atração turística que a cidade exerce sobre o público brasileiro e argentino.

No ano de 1999 o citado aeroporto movimentou um total de 891.354 passageiros, com 21% do tipo internacional, 60% do tipo doméstico e 19% do tipo regional. O aeroporto possui um único estacionamento, descoberto, com um total de 450 vagas. Em 2004, o número de passageiros embarcando e desembarcando foi de 1.382.577, sendo 94 % em vôos domésticos.

O aeroporto Salgado Filho, localizado na cidade de Porto Alegre (POA), estado do Rio Grande do Sul, tem um papel importante no cenário nacional, sendo administrado também pela INFRAERO, e foi destacado em oitavo lugar na classificação dos aeroportos brasileiros, no que se refere ao tráfego doméstico, segundo dados analisados por Pereira Filho et al em 1999. No ano de 2004, ocupou o sétimo lugar no ranking nacional.

No ano de 1999, o aeroporto Salgado Filho apresentou um movimento total de passageiros de 2.337.614, sendo que destes 8,20% são do tipo internacional, 70% doméstico e 21,80% regional. Em setembro de 2001, foi inaugurado o novo terminal de passageiros do aeroporto, com dois tipos de estacionamentos, um descoberto, com 770 vagas e um edifício garagem, com 1440 vagas. Em 2004 o número de passageiros embarcando e desembarcando neste aeroporto foi de 3.215.546, com 91,8 % em vôos domésticos.

Os demais aeroportos da rede administrada pela INFRAERO, que são em número de 66, foram contatados via correio, para o preenchimento de um questionário padrão, sobre a movimentação de passageiros e de veículos nos estacionamentos. Desta forma, obteve-se resposta de 26 aeroportos (incluindo o Hercílio Luz e o Salgado Filho). A tabela 1, a seguir, apresenta a listagem dos aeroportos que compõem a amostra total estudada.

Tabela 1: Aeroportos que responderam ao questionário enviado

Nº	Aeroporto	Nº	Aeroporto
1	Aeroporto de Ilhéus (BA)	14	Aeroporto Intern. Pinto Martins (CE)
2	Aeroporto Intern. Tancredo Neves (MG)	15	Aeroporto de Petrolina (PE)
3	Aeroporto Regional do Cariri (CE)	16	Aeroporto de Macaé (RJ)
4	Aeroporto de Uberaba (MG)	17	Aeroporto Intern. de Corumbá (MS)
5	Aeroporto Intern. Augusto Severo (RN)	18	Aeroporto de Imperatriz (MA)
6	Aeroporto de Belo Horizonte (MG)	19	Aeroporto Bartolomeu Lysandro (RJ)
7	Aeroporto Intern. de Brasília (DF)	20	Aeroporto Hercílio Luz (SC)
8	Aeroporto Intern. de Boa Vista (RR)	21	Aeroporto Intern. Salgado Filho (RS)
9	Aeroporto Intern. Pres.Castro Pinto (PB)	22	Aeroporto Intern. Guararapes (PE)
10	Aeroporto Intern. do Rio de Janeiro (RJ)	23	Aeroporto Intern. de Congonhas (SP)
11	Aeroporto Intern.de Cruzeiro do Sul (AC)	24	Aeroporto Intern .de São Paulo (SP)
12	Aeroporto de Goiânia (GO)	25	Aeroporto de Vitória (ES)
13	Aeroporto de Montes Claros (MG)	26	Aeroporto Intern. de Ponta Porã (MS)

1.4. Escolha Modal e Demanda de Autos nos Estacionamentos dos Aeroportos Hercílio Luz e Salgado Filho

Para as pesquisas mencionadas anteriormente, foram coletadas informações sobre o perfil do usuário do aeroporto (tipo de usuário, sexo, idade, escolaridade, tipo de voo, propósito e freqüência da viagem aérea, profissão), as características das viagens terrestres (meio de transporte utilizado, tempo de viagem, origem/destino da viagem) e o uso de estacionamento por automóveis (local, tempo de permanência na vaga).

Foram feitas 400 entrevistas com usuários em cada aeroporto, sendo que, no Aeroporto Salgado Filho, se realizou nos meses de agosto e setembro de 2000 (meses típicos), e no Hercílio Luz no mês de janeiro de 2001 (período de pico), devido à sazonalidade em função do turismo de verão, e em abril de 2001 (período normal), considerado um mês típico.

Dentre as informações obtidas, a seguir, nos próximos parágrafos são apresentadas algumas das estatísticas que possuem relação direta com o estudo do estacionamento.

Da amostra total de usuários entrevistados por aeroporto, obtém-se o percentual por meio de transporte utilizado, como se observa na tabelas 2 e 3, para os movimentos de entrada e saída do aeroporto Hercílio Luz (HL) e nas tabelas 4 e 5 para o aeroporto Salgado Filho (SF).

Tabela 2: Distribuição por meio de transporte das viagens chegando ao aeroporto HL

Meio de transporte	Origem	Período de pico		Período típico	
		Soma	%	Soma	%
Carro	Fpolis	71	46,41	79	49,07
	Interior	24	15,69	12	7,45
Ônibus de linha	Fpolis	10	6,54	14	8,7
	Interior	6	3,92	3	1,86
Ônibus fretado	Fpolis	3	1,96	1	0,62
	Interior	4	2,61	0	0
Táxi	Fpolis/Interior	22	14,38	39	24,22
Van	Fpolis	4	2,61	4	2,48
Outro	Fpolis/Interior	9	5,88	9	5,59
Total		153	100	161	100

Durante o período de pico, houve predominância das viagens por automóvel, representando 62,10% do total, seguido por táxi com 14,38%. No período típico, as viagens por automóvel representaram 56,52% do total, seguidas pelo táxi com 24,22%.

Tabela 3: Distribuição por meio de transporte das viagens saindo do aeroporto HL

Meio de transporte	Origem	Período de pico		Período típico	
		Soma	%	Soma	%
Carro	Fpolis	15	46,88	12	35,29
	Interior	3	9,38	5	14,71
Ônibus de linha	Fpolis	3	9,38	1	2,94
	Interior	1	3,13	0	0
Ônibus fretado	Fpolis	1	3,13	0	0
	Interior	0	0	0	0
Táxi	Fpolis/Interior	4	12,5	10	29,41
Van	Fpolis	0	0	3	8,82
Outro	Fpolis/Interior	5	15,63	3	8,82
Total		32	100	34	100

Em relação ao meio de transporte utilizado para sair do aeroporto, durante o período de pico, houve predominância das viagens por automóvel, representando 56,26% do total, seguido por táxi com 12,50%. Já no período típico, as viagens por automóvel representaram 50,00% do total, seguidas por táxi com 29,41%.

Tabela 4: Distribuição por meio de transporte das viagens chegando ao aeroporto SF

Meio de transporte	Origem	Motorista	Passageiro	Soma	%
Carro	POA	71	64	135	46,23
	Interior	11	17	28	9,59
Ônibus	POA		20	20	6,85
	Interior		20	20	6,85
Táxi	POA		75	75	25,68
Trem	POA		10	10	3,42
Van	POA		3	3	1,03
	Interior		1	1	0,34
Total				292	100

O meio de transporte predominante das pessoas que chegaram ao aeroporto foi o automóvel com 55,82% do total, seguido pelo táxi com 25,68%.

Tabela 5: Distribuição por meio de transporte das viagens saindo do aeroporto SF

Meio de transporte	Origem	Motorista	Passageiro	Soma	%
Carro	POA	46	54	100	64,94
	Interior	4	12	16	10,39
Ônibus	POA		4	4	2,6
	Interior		7	7	4,55
Táxi	POA		22	22	14,29
Trem	POA		3	3	1,95
Van	POA		1	1	0,65
	Interior		1	1	0,65
Total				154	100

O meio de transporte predominante das pessoas que saíram do aeroporto foi o automóvel com 75,32% do total, seguido pelo táxi com 14,29%. Observando-se o total das tabelas 4 e 5 percebe-se que a soma ultrapassa o valor de 400 pessoas. Isso se explica pelo fato de que em alguns casos se considerou as viagens chegando e saindo para uma mesma pessoa, na maioria das vezes os acompanhantes como usuários.

Segmentando-se da amostra total os usuários que utilizaram o automóvel, e consequentemente algum tipo de estacionamento, obtém-se a distribuição percentual

por local, o que pode ser observado nas tabelas 6 e 7, para o aeroporto Hercílio Luz e Salgado Filho, respectivamente.

Tabela 6: Distribuição por local de estacionamento para quem chega ou sai do aeroporto de automóvel HL

Local de estacionamento	Período de pico		Período típico	
	veículos	%	veículos	%
Estacionamento no Aeroporto	81	51,92	62	37,8
Estacionamento próximo ao aeroporto	11	7,05	13	7,93
Meio-fio de embarque e desembarque	63	40,38	88	53,66
Outro	1	0,64	1	0,61
Total	156	100	164	100

Em relação ao local de estacionamento dos automóveis no aeroporto, para o fluxo de embarque ou desembarque de passageiros, no período de pico, houve predominância do uso do estacionamento do aeroporto representando 51,92% do total, seguido pelo meio-fio de embarque e desembarque com 40,38%. Já no período típico, a ordem se inverte 53,66% do total utilizaram o meio fio e 37,80% o estacionamento do aeroporto.

Tabela 7: Distribuição por local de estacionamento para quem chega ou sai do aeroporto de automóvel SF

Local de estacionamento	veículos	%
No estacionamento do aeroporto	101	43,35
Fora do aeroporto	8	3,43
No meio - fio de embarque/desembarque	124	53,22
Total	233	100

Das pessoas que chegaram ou saíram de automóvel do aeroporto a maioria usou o meio-fio de embarque e desembarque, representando 53,22% do total, seguido pelos que usaram o estacionamento do aeroporto com 43,35%.

Do total de usuários do estacionamento do aeroporto Hercílio Luz, para o estacionamento de curta duração (até 4 horas) 44,44 % são acompanhantes de passageiros, seguido por 32,22% de passageiros embarcando ou desembarcando. Para o estacionamento de longa duração 64,22 % dos usuários são passageiros embarcando ou desembarcando, seguidos por 22,38% de funcionários do aeroporto. A tripulação representou 5,24% do total.

Para o aeroporto Salgado Filho, no estacionamento de curta duração 55% dos usuários são passageiros embarcando ou desembarcando, seguido por 30,83% de acompanhantes de passageiros. Para o de longa duração 54,16 % são passageiros embarcando ou desembarcando, seguido por 19,17 % de funcionários de companhias aéreas, 12,50% de funcionários do próprio aeroporto e 10,83 % por tripulação.

Do segmento formado pelos usuários do estacionamento do aeroporto, destaca-se a seguir a distribuição por tempo de permanência na vaga, segundo se observa nas tabelas 8 e 9.

Tabela 8: Distribuição do tempo de aproximado de estacionamento no aeroporto HL

Tempo estacionado	Período de pico		Período típico	
	veículos	%	veículos	%
Até 30 minutos	17	18,28	15	20
De 30 minutos a 1 hora	31	33,33	22	29,33
De 1 a 2 horas	20	21,51	21	28
De 2 a 4 horas	13	13,98	6	8
De 4 a 8 horas	7	7,53	2	2,67
De 8 a 12 horas	0	0	0	0
De 12 a 24 horas	0	0	0	0
Maior que 24 horas	5	5,38	9	12
Total	93	100	75	100

O estacionamento de curta duração (até 4 horas), tanto no período típico quanto no período de pico representou aproximadamente 85% do total.

Tabela 9: Distribuição do tempo aproximado de estacionamento no aeroporto SF

Tempo estacionado	veículos	%
Até 30 minutos	28	25,69
De 30 minutos a 1 hora	31	28,44
De 1 a 2 horas	25	22,94
De 2 a 4 horas	6	5,5
De 4 a 8 horas	1	0,92
De 8 a 12 horas	3	2,75
De 12 a 24 horas	2	1,83
Maior que 24 horas	13	11,93

O tempo aproximado de permanência no estacionamento do aeroporto se encontra na faixa de até 2 horas com 77,06%, onde se tem uma distribuição quase uniforme. Na

faixa de tempo maior que 24 horas tem-se um número um pouco significativo, com 11,93% do total.

Os cálculos dos tempos médios da amostra podem ser observados nas tabelas 10 e 11, a seguir. Para o cálculo destes tempos, levou-se em consideração o ponto médio do intervalo das tabelas 8 e 9, e como pontos extremos 0,25 horas (15 minutos) e 24 horas.

Tabela 10: Tempo médio de permanência por período HL

Valor médio do tempo	Período de pico (horas)	Período típico (horas)
Média da amostra total	2,78	3,97
Média - Curta duração	1,19	1,09
Média - Longa duração	13,5	20,72

Tabela 11: Tempo médio de permanência por período SF

Valor médio do tempo	Período típico (horas)
Média da amostra total	4,31
Média - Curta duração	0,95
Média - Longa duração	20,21

Nota-se que o comportamento dos usuários dos estacionamentos dos períodos típicos do aeroporto Hercílio Luz e Salgado Filho são bastante próximos, com valores médios de tempo de permanência na mesma ordem de grandeza, o que não acontece no período de pico do aeroporto Hercílio Luz.

Com relação aos dados sobre o número de automóveis que utilizaram os estacionamentos, no ano de 1999 entrou no estacionamento do aeroporto Hercílio Luz 139.399 automóveis. O mês de maior movimento de automóveis foi janeiro, com 21.532 veículos, representando 15,45% do total anual. O dia de maior movimento do mês de janeiro, também, o dia de maior movimento do ano, foi 10/01/99, um domingo, com 958 automóveis, representando 4,45% do total mensal. A hora de maior movimento, do dia de maior movimento, ocorreu entre 13 e 14 horas do mencionado dia, com 122 automóveis, representando 12,73% do total diário. Este percentual é denominado genericamente como Percentual de Pico Horário (PPH). O número total de vagas oferecidas no estacionamento do aeroporto é 450.

Para este mesmo ano, no aeroporto Salgado Filho, entraram 647.946 automóveis no estacionamento. O mês de maior movimento foi janeiro, com 62.465 automóveis (9,94% do anual). O dia de maior movimento de janeiro teve um movimento de 2.361 automóveis (3,78% do mensal) e só foi superado uma única vez no ano, no dia

primeiro de agosto, um domingo, que representou o retorno das férias de julho. O aeroporto oferecia na ocasião 750 vagas de estacionamento.

1.5. Taxas de Utilização dos Estacionamentos

Com os dados de passageiros embarcando e desembarcando no ano de 1999, no mês de maior movimento e no dia de maior movimento, associados aos números de automóveis que entraram no estacionamento nestes períodos, respectivamente, pode-se elaborar as taxas de utilização destes estacionamentos, as quais são apresentadas na tabela 12, a seguir.

Tabela 12: Cálculo das taxas de utilização dos estacionamentos HL e SF

Taxas de utilização do estacionamento	HL	SF
Automóveis no estacionamento por passageiros embarcando e desembarcando - ano de 1999	0,157	0,28
Automóveis no estacionamento por passageiros embarcando e desembarcando - janeiro de 1999	0,156	0,29
Automóveis no estacionamento por passageiros embarcando e desembarcando - dia de maior movimento de janeiro de 1999	0,133	0,36
Automóveis no estacionamento por passageiros embarcando e desembarcando - hora de maior movimento	0,177	dd*

*dd = dado desconhecido

A expectativa é que as taxas devam crescer no sentido de cima para baixo da tabela, respectivamente, pois à medida que se evoluí do volume anual para a hora de pico a demanda tende a se concentrar, obtendo-se valores mais elevados. Isto, contudo, não aconteceu no aeroporto Hercílio Luz, cuja taxa para o dia de maior movimento é um pouco mais baixa. Já para o caso do aeroporto Salgado Filho, acontece o esperado com relação ao crescimento das taxas de utilização.

Comparativamente, as taxas de utilização do aeroporto Salgado Filho são mais elevadas, o que representa uma maior concentração de automóveis no estacionamento por passageiro embarcado ou desembarcado. Infelizmente a taxa horária para este aeroporto não pôde ser calculada, por falta de dados.

1.6. Modelos de Regressão Linear para os Aeroportos

A partir dos dados obtidos sobre o movimento de passageiros e o movimento de automóveis estacionados nos aeroportos de toda a amostra, com dados obtidos por questionário via correio para um total de 26 aeroportos (incluindo-se o Hercílio Luz e o

Salgado Filho), realizou-se a calibração de modelos de regressão linear simples, tendo como variável dependente (Y) o número de automóveis no estacionamento (anual, mensal, diário) e variável independente (X) o número de passageiros embarcando e desembarcando no aeroporto (anual, mensal, diário). Conforme descrito no trabalho apresentado por Goldner et al (2004) no XIII Congresso da ANPET, e representada pela expressão: $Y = \beta_1 + \beta_2 X$.

Realizou-se uma série de tentativas de modelagem considerando-se os coeficientes da regressão β_1 e β_2 . Porém, os modelos não se apresentaram estatisticamente confiáveis. Portanto, considerou-se $\beta_1=0$, ou seja, a reta passando pela origem. Também, retirou-se da amostra o aeroporto 23 (Internacional de Congonhas), pois representa um ponto fora da curva, o que prejudicava os valores do R^2 das equações de regressão. Os resultados finais da calibração são apresentados na tabela 13, a seguir.

Tabela 13: Modelos de regressão linear simples para os aeroportos da amostra.

Tipo	Equação	R	R2	N.º	Teste t	t min. (95%)
Modelo Anual	$Y = 0,196 X$	0,889	0,791	13	11,795	1,782
Modelo Mensal	$Y = 0,232 X$	0,885	0,783	11	12,045	1,812
Modelo Diário	$Y = 0,255 X$	0,751	0,565	8	6,227	1,895

Conforme se pode observar na tabela acima, os modelos obtidos para o ano 2000, o mês e o dia de maior movimento apresentaram coeficientes de correlação de bons a satisfatório, com a estatística t-student acima do valor mínimo, para o nível de confiança de 95%. Os coeficientes β_2 cresceram conforme o esperado, de anual para diário. Apenas o modelo para a hora-de-pico não se apresentou estatisticamente confiável, não sendo recomendada a sua utilização e por isso não foi apresentado o modelo.

1.7. Conclusões

A pesquisa sobre aeroportos foi desenvolvida entre 2000 e 2004 e segmentada em diversas partes. As questões ora apresentadas se referem ao estudo do estacionamento de automóveis, com dados obtidos de levantamentos e entrevistas realizadas no ano 2000, tendo como base o ano de 1999, cujas estatísticas de movimentação de passageiros estavam completas.

Os dados referentes ao estacionamento de automóveis, as características dos usuários destes estacionamentos, o uso dos diferentes tipos de estacionamento do aeroporto e proximidades, o tempo de permanência na vaga e demais informações relevantes foram

obtidas em detalhes somente para os aeroportos Hercílio Luz e Salgado Filho, por motivo de proximidade e localização geográfica e, consequente, economia de recursos e mão de obra. Apenas os dados relacionados ao número de passageiros embarcando ou desembarcando e o número de automóveis nos estacionamentos foi generalizado para toda a amostra e obtido através de questionário via correio, totalizando 26 aeroportos estudados.

Como o número de vagas de estacionamento de um aeroporto pode ser dimensionado multiplicando-se o volume de automóveis diário pela percentagem de pico horário e em seguida pelo tempo médio de permanência, este trabalho oferece ao planejador de transportes subsídios para a busca de um dimensionamento adequado de vagas para os aeroportos brasileiros em expansão, ou a serem construídos.

Devido à dificuldade de obtenção de dados sobre a demanda horária nos estacionamentos, e do consequente conhecimento da percentagem de pico horário, esta foi uma lacuna deixada em aberto neste trabalho. Sugere-se a insistência junto às administrações dos estacionamentos dos aeroportos para que a mencionada informação seja fornecida, pois, ela é conhecida nos estacionamentos controlados eletronicamente.

Considerando-se o fato de que muito pouco se tem pesquisado no Brasil sobre as viagens terrestres e os estacionamentos de automóveis nos aeroportos do país, e relevando-se as limitações impostas pela dificuldade de obtenção e coleta de dados, pode-se considerar que o trabalho ora apresentado representa uma contribuição ao estudo dos aeroportos brasileiros, e de maneira geral um incremento à área de transportes.

1.8. Referências Bibliográficas

- ASHFORD, N. and WRIGHT, P.H.**, Airport engineering, **John Willy & Sons, 1984**
FABIAN, L.J., **Rationalizing Airport Ground Access**, Transportation Quarterly, vol. 47, nº 4: 473 – 482, 1993
- FOOTE, P.J. and LABELLE, S. and STUART, D.G.**, Increasing Rail Transit Access to Airports in Chicago, **Transportation Research Record 1600: 1-9, 1997**.
- GOLDNER,L.G**, Uma análise dos aeroportos como Pólos Geradores de Tráfego, relatório final de Pesquisa para o CNPq, 2002
- GOLDNER,L.G**, Estudo da escolha modal em aeroportos, relatório final de Pesquisa para o CNPq, 2004.
- GOLDNER,L.G e PEDROZO,D.E e GOLDNER,N**, Modelos de demanda dos estacionamentos de automóveis nos aeroportos brasileiros, **comunicação técnica, anais em cd do XVIII Congresso da ANPET, Florianópolis, 2004**.
- GOLDNER,L.G e ANDRADE,L.G**, Uma análise do aeroporto Salgado Filho como um pólo gerador de tráfego, **Revista dos Transportes Públicos, ANTP, ano 26, 2º trimestre de 2004**.
- GOSLING, G.D.**, Airport ground access and Intermodal Interface, **Transportation Research record 1600: 10-17, 1997**
HENSHER, D. A. e KING, J., **Parking Demand and Responsiveness to supply, pricing and location in the Sydney Central Business District**, Transportation Research part A 35, 177 – 196, 2001.
- HORONJEFF, R. and McKELVEY, F.**, Planning design of airports, **McGrawHill Book Company, 1986**.
ITE (Institute of Transportation Engineering), **Data needs for planning airport access by public transportation**, ITE Journal, October, 1980.
- KEEFER, L.E., **Urban travel patterns for airports, shopping centers and industrial plants**, National Cooperative Highway Research Program report 24, 1966
- LACOMBE, A., **Ground access to airports: prospects for intermodalism**, Transportation Quarterly, vol.48, n.4: 381-392, 1994
- LEHRER, H.R. and FREEMAN, A., **Intermodal airport-to-city-center passenger transportation at the 20 largest U.S. air carrier airport: the past, present and future**, Journal of Air Transportation World Wide, vol.3 n.1: 12-23, 1998
- MOHR, E. and GOSLING, G.D., **Role of Door-to-Door Vans in Airport Ground Transportation**, Transportation Research Record 1461: 54 – 63, 1997.
- MÜLLER, C.e ALVES, C.J.P. e FORTES, C.N.B.**, Planejamento de aeroportos, **apostila da divisão de infra-estrutura aeronáutica, ITA, 1988**.
- PEREIRA FILHO, A J., SILVA, C.M. SILVEIRA, J.A.**, Demanda detalhada dos aeroportos brasileiros: mercado doméstico de passageiros, **XIII ANPET, São Carlos – SP, 1999**.
- RUHL, T.A. and TRNAVSKIS, B., **Airport trip generation**, ITE JOURNAL, May, 1998.

SHAPIRO, P.S. and KATZMAN, M. , **Relationship between airport activity and ground transportations needs**, Transportation Research Record 1622: 8-12.(1998)

SHOENFELD,W.M .,Two programs to ease automobile congestion at Los Angeles International Airport, Transportation Research Record No: 732 ,1979

AULA 05

1. Heliportos e helipontos

Portaria 18/GM5 (14/02/1974) e suas modificações;

INSTRUÇÕES PARA OPERAÇÃO DE HELICÓPTEROS, PARA CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE HELIPONTOS E HELIPORTOS

1 – ÁREA DE POUSO E DECOLAGEM

2 – ÁREA DE TOQUE

3 – SUPERFÍCIE DE APROXIMAÇÃO E DE SAÍDA (EM CURVA)

4 – SUPERFÍCIE DE TRANSIÇÃO

5 – ÁREA DE SEGURANÇA (ÁREA PERIFÉRICA) faixa $\frac{1}{4}$ B e cerca 1m altura

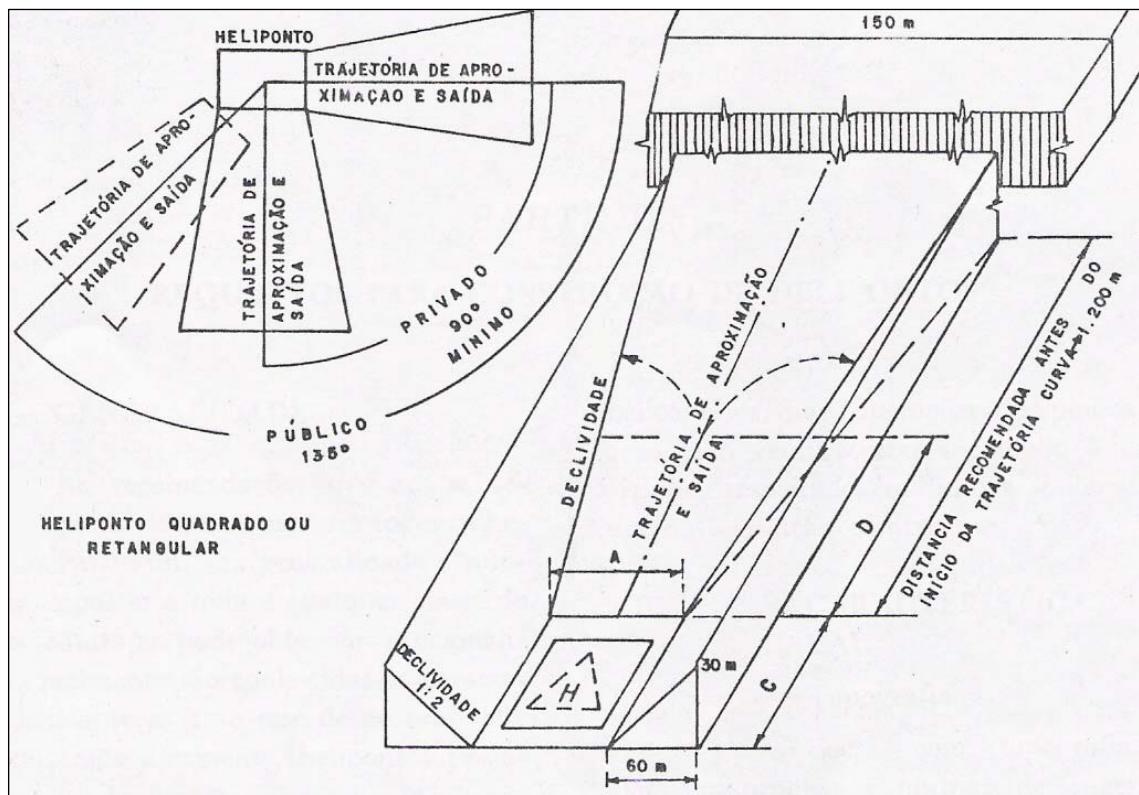


FIGURA 5.01 - Trajetórias de Aproximação (Figura 11 da Portaria 18/GM5)

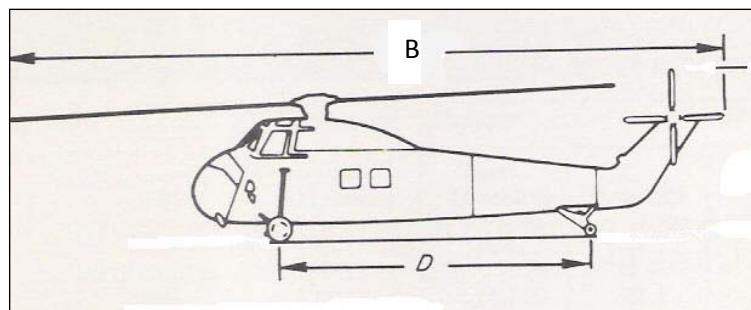


FIGURA 5.02 - Dimensão do Helicóptero característica para o dimensionamento

B = maior dimensão do helicóptero

Dimensão mínima admitida para B = 12m

DIMENSÕES CARACTERÍSTICAS DE UM HELICÓPTER

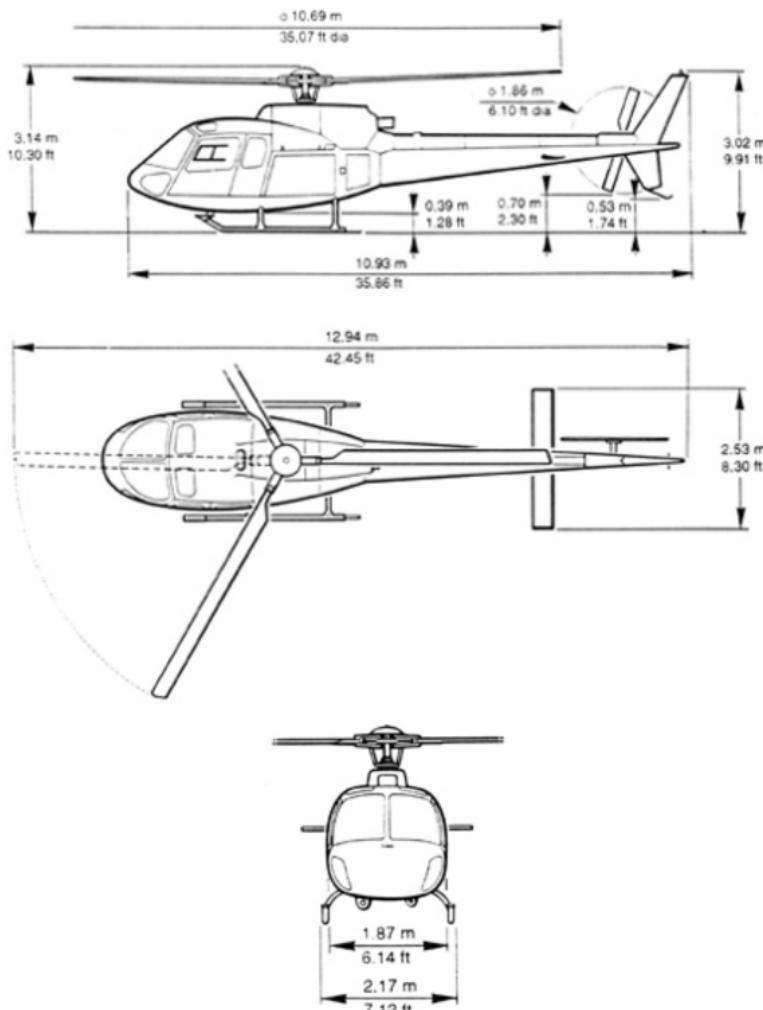
Helicóptero Esquilo – Modelos:	AS 350 B2	AS 350 B3
Capacidade		
1 Piloto + 5/6 Passageiros		
Pesos		
Peso máximo de decolagem	2.250 Kg / 4.960 lb	2.250 Kg / 4.960 lb
Peso máximo de op. com carga externa	2.500 Kg / 5.512 lb	2.800 Kg / 6.172 lb
Dimensões		
Comprimento (com o rotor girando)	12,94 m	
Comprimento da fuselagem	10,93 m	
Altura	3,14 m	
Diâmetro do rotor principal	10,69 m	
		

FIGURA 5.03 - Dimensões Características do Helicóptero Esquilo (AS 350) fabricado pela Eurocopter: B = 12,94 m, R = 10,69 m e A = 3,14m

Portaria 1.41/GM5 (08/12/1987) Áreas e Rampas

Tipo de Heliporto	A Largura	B Comp.	C Dist. Curva	Ângulo Trajetória Aproximação/Saída
	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo
Privado	1,5B	1,5B	100m	90º
Público	1,5B	1,5B 2,0B	100m	135º

Combate a Incêndio

Helicóptero Categoria Classificação	
H	Comprimento Total - B
1	<15m
2	15 a <24m
3	24 a <35m

Área de Pouso e Decolagem, Área de Toque e Área de Aproximação e Saída

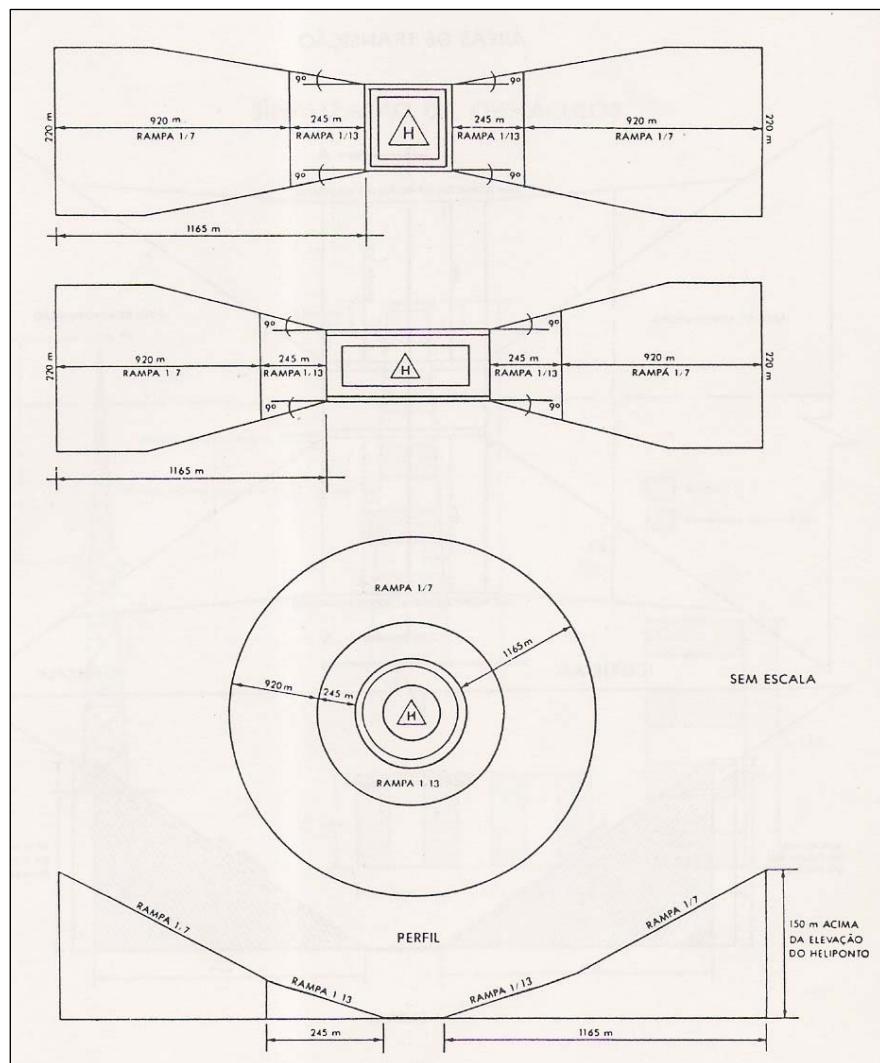


FIGURA 5.04 - Área de Aproximação e Saída (Figura 12 da Portaria 1.141/GM5)

Área de Transição de Heliportos

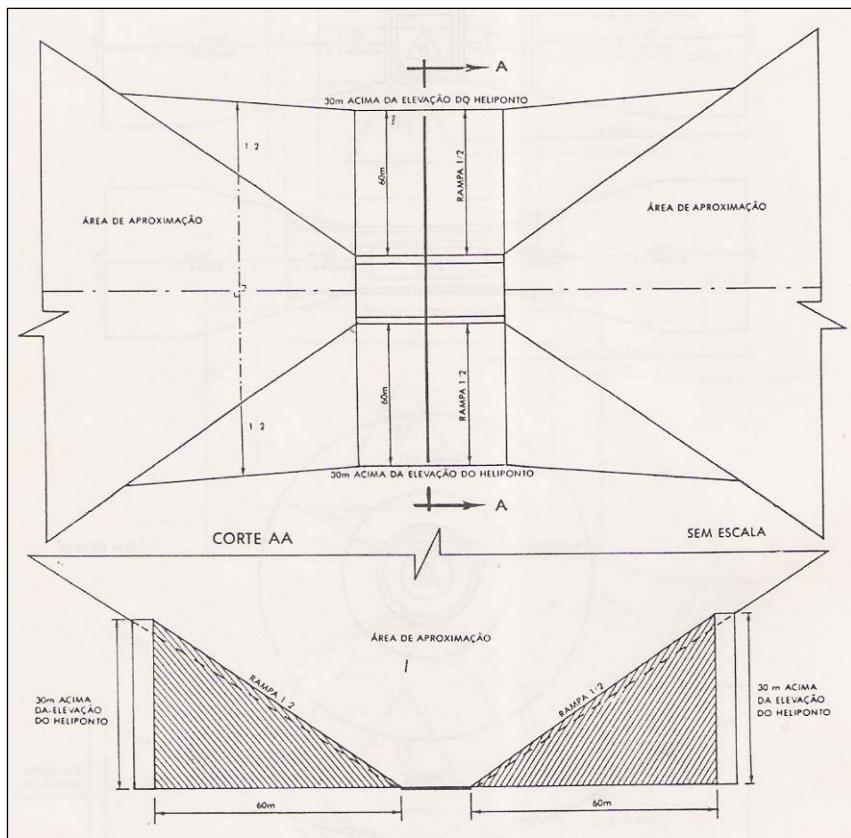


FIGURA 5.05 - Área de Transição (Figura 13 da Portaria 1.141/GM5)

Obs.: Altitude \leq 300m (NM = Nível Médio do Mar)

Altitude $>$ 300m – acréscimo de 15% cada 300m acima da cota 300. Se o helicóptero tiver superalimentação melhora a performance ou desempenho em lugares mais altos.

- MATERIAL DA SUPERFÍCIE DA ÁREA DE POUSO: construída com material que se verifique o “efeito solo” (concreto, asfalto e chapas metálicas).

- RESISTÊNCIA DA ÁREA DE POUSO: cálculo estrutural.

Carga de Impacto:

75% do Peso Total do Helicóptero (PTH)

Sobre cada montante principal

Área de aplicação da carga = 0,09m² por pneu ou esqui

Heliponto elevado – turbulência por causa das edificações próximas

Demais cargas de acordo com ABNT: (NBR 6.120) – 300 kg/m² em toda a extensão.

DIMENSIONAMENTO

Para os helipontos elevados são consideradas três situações de carga:

1^a Hipótese 1 – Peso próprio + sobrecarga de 300 kg/m².

2^a Hipótese – Peso próprio + carga de impacto do helicóptero (75% PPH) atuando em pontos desfavoráveis da área de toque + 100 kg/m² de carga aerodinâmica.

3^a Hipótese – Combinação análise de ventos (NBR 6.123) com cada uma das hipóteses anteriores, somando-se a situação mais desfavorável.

DISTÂNCIA ENTRE HELIPONTOS

Poderão estar próximos um do outro quando não houver a superposição da(s):

Superfície ou área de transição;

Superfícies ou áreas de aproximação e saída;

SUPERPOSIÇÃO DE SUPERFÍCIES

Desnível de 50m entre superfícies e distância mínima entre helipontos 400m (463m).

Sobre outro heliponto a no mínimo 150m (244m).

TIPOS DE HELIPONTOS (letra de designação)

Militar – M

Civil:

– Público – H

– Privado – P

– Emergência (casos de calamidade)

– Pouso eventual (ocasional)

LOCAL DO HELIPONTO

- Solo
- Elevado ou em Plataforma Marítima

ESTACIONAMENTO

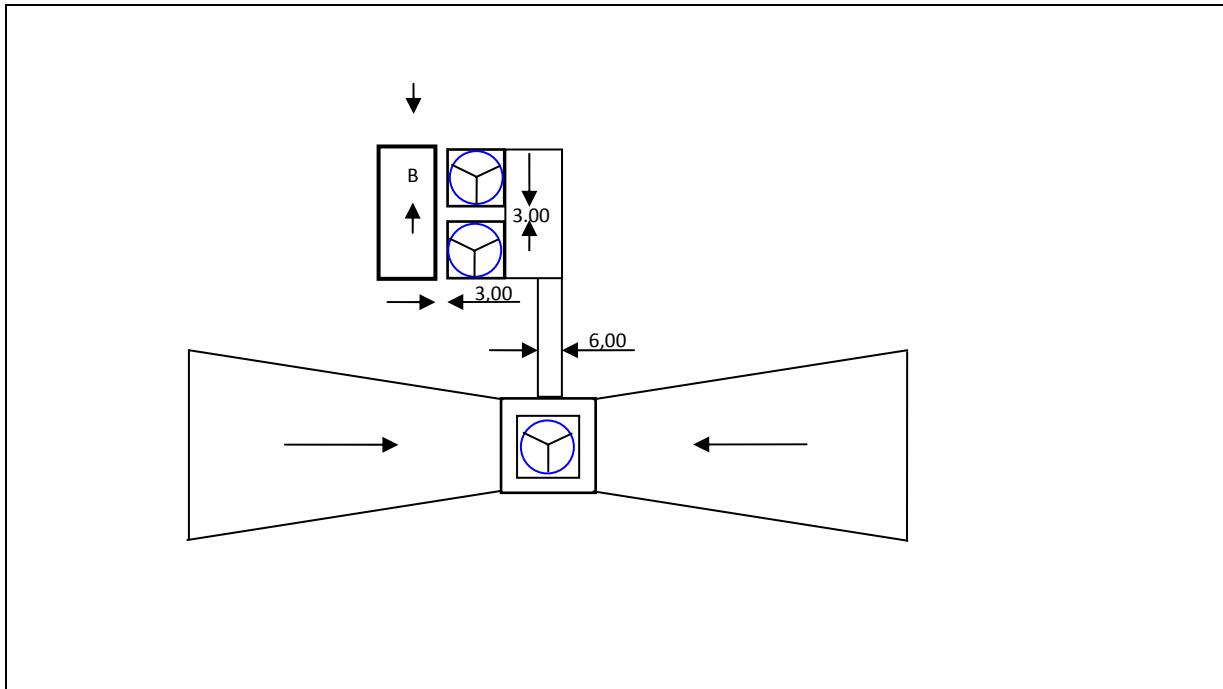


FIGURA 5.06 - Área de Pouso e Decolagem, Pista de Rolamento, Pátio, Hangares ou Terminal (Figuras 2 e 8 da Portaria 18/GM5)

AJUDADAS VISUAIS (Sinalização Horizontal)

Sinais de Identificação do Heliponto (cor amarela ou branca fosforescente)

1 – Sinal de identificação de área de pouso – letra tipo de heliponto

2 – Número indicador do máximo de toneladas – resistência do piso

Caso de dois números ou área circular – reduzir algarismos e letras para 2/3 do padrão

3 – Triângulo indicador da direção do Norte Magnético

Obs.: Hospitais substitui-se o triângulo pela cruz e reduz-se os algarismos para 2/3.

Sinais Delimitadores da Área de Pouso e Decolagem

Faixas delimitadoras da área de pouso. Identificar a área de toque.

Indicador da Direção do Vento (Birutas).

Aviso de Segurança.

Indicador da Direção do Eixo da Superfície de Aproximação e Saída.

Em área Retangular – pelo maior lado do retângulo.

Quadrada – por uma seta colocada à direita de quem está na aproximação.

Circular – não há indicação (aproximação em todas as direções).

SINALIZAÇÃO LUMINOSA

Luzes limites da área de pouso (número ímpar de lâmpadas) – no mínimo 5 por lado ou espaço máximo de 5 m entre elas.

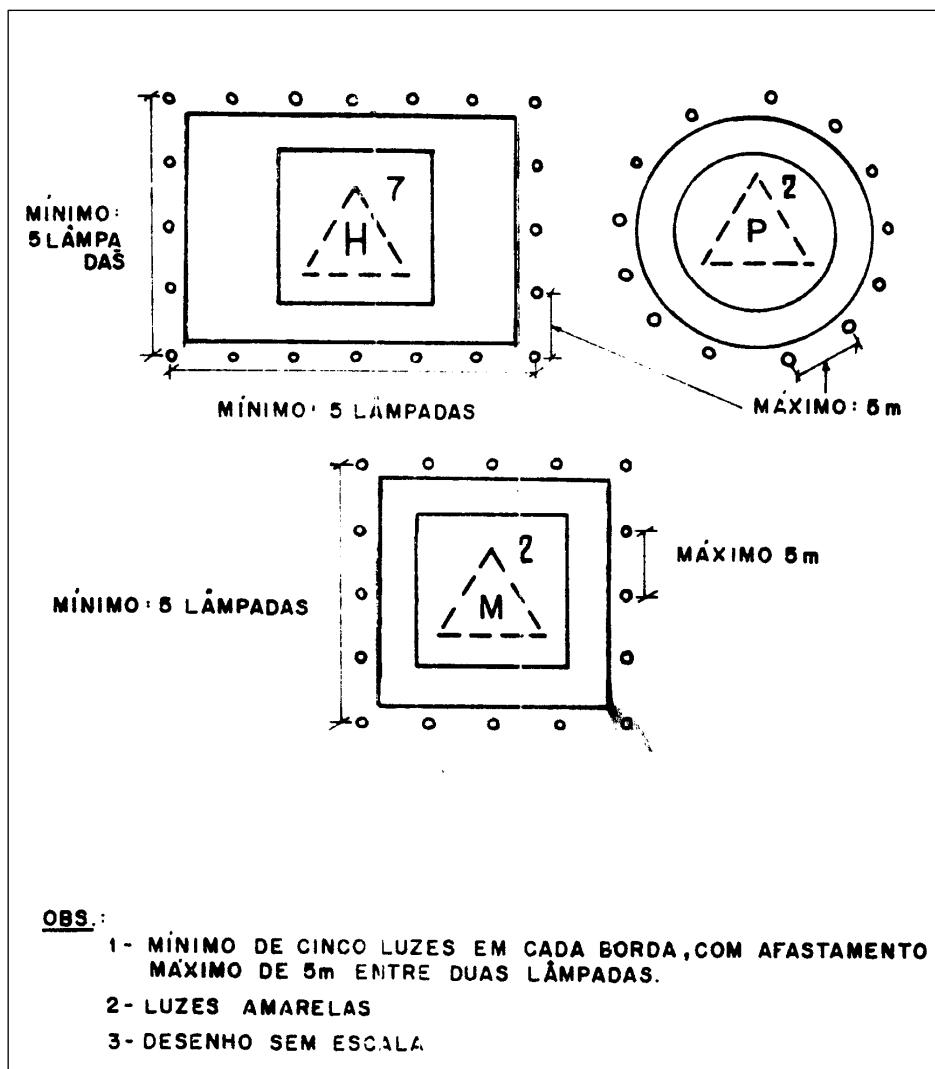


FIGURA 5.07 - Sinalização Luminosa em Heliportos (Figura 23 da Portaria 18/GM5).

HELIPOONTO DE EMERGÊNCIA

Sempre circular.

Área de Toque > 4m. Área de pouso > 8m.

Superfície Horizontal livre de obstáculos $2B = 24m$ (Raio = 12m).

SELEÇÃO DE SÍTIOS PARA HELIPORTOS (Ashford, pág 365)

Um dos aspectos mais importantes de planejamento e projeto de um sistema de heliportos é a seleção apropriada dos sítios. Os estudos de escolha de sítio devem levar em conta os objetivos que maximizem a conveniência do usuário, segurança da aeronave e a aceitação da comunidade. O primeiro passo deve consistir na identificação e análise da viabilidade das fontes de informação. Os estudos de escritório devem incluir os seguintes componentes:

- 1 – A consideração de estudos relevantes existentes (ex.: plano de sistema de aeroportos metropolitanos, plano de uso do solo e planos de transportes abrangentes). Esses estudos podem conter previsões de uso do solo, O-D de viagem, dados de tempo de viagem para o transporte de superfície e outras informações.
- 2 – Uma análise das informações de vento disponíveis para determinar a orientação desejável da aproximação do heliporto.
- 3 – Estudos de cartas do IBGE e mapa rodoviário e cartas aeronáuticas, para a seleção futura e avaliação de sítios prováveis.
- 4 – Estudo do custo das áreas de interesse. Uma inspeção aérea de cada sítio para helicóptero poderá ajudar bastante na avaliação de possíveis obstáculos no vôo, existência de áreas de pouso de emergência localizadas ao longo da aproximação, turbulências por vento, e outras características relacionadas à navegação aérea.

Finalmente, uma detalhada inspeção no local de cada sítio sob estudo deve ser realizada antes de uma comparação final feita para escolha dos sítios alternativos.

Pelo menos 8 fatores devem ser considerados quando da análise de sítios potenciais para heliportos: 1 – Classe e plano do heliporto;

- 2 – Conveniência dos usuários;
- 3 – Obstrução do espaço aéreo;
- 4 – Coordenação com outros movimentos de aeronaves;
- 5 – Direção do vento predominante;
- 6 – Fatores sociais;
- 7 – Turbulência; e
- 8 – Visibilidade.

Observação: "Os Helicópteros são mais bem empregados em transportes de curtas distâncias, tipicamente utilizado nas viagens até 75 milhas (136,5km)." (página 359)

FATORES RELACIONADOS À SELEÇÃO DE SÍTIOS

A seleção de um sítio para heliporto em área urbano requer a consideração de muitos fatores, os mais importantes deles são:

- 1 – A melhor locação para servir ao tráfego potencial;
- 2 – A mínima obstrução nas áreas de aproximação e decolagem;
- 3 – A mínima perturbação sonora (ruído) e locação desejável considerando o "uso do solo" adjacente;
- 4 – Um bom acesso por transporte de superfície e estacionamento;
- 5 – Um custo mínimo para aquisição e desenvolvimento;
- 6 – Duas áreas de aproximação separadas pelo menos de 90º;
- 7 – Evitar o conflito de tráfego entre helicópteros e outro tipo de tráfego aéreo;
- 8 – Consideração da turbulência e restrições de visibilidade apresentadas pelos edifícios próximos; e
- 9 – Previsão de área de pouso de emergência ao longo de toda a rota para helicópteros com uma turbina.

A escolha final de um sítio para heliporto usualmente irá requer um compromisso entre estes vários objetivos.

O problema mais severo pode ser esperado em grandes cidades, áreas metropolitanas altamente desenvolvidas. Em grandes áreas urbanas heliportos devem ser planejados como base regional. O primeiro passo é preparar uma estimativa de demanda por serviços de helicópteros e a origem e destino (O-D) dessa demanda. A segunda etapa é selecionar o sítio do heliporto ou sítios que podem satisfazer razoavelmente a demanda e ainda atender aos requisitos enumerados no parágrafo anterior. O principal mercado de transporte por helicópteros é nos grandes centros urbanos entre aeroportos, ou aeroportos e ponto central. Portanto, é essencial que o heliporto do centro da cidade seja localizado próximo a área de hotéis, e os centros de negócios. Da mesma forma, uma adequada previsão de pouso de helicópteros deve ser feita nos aeroportos.

(Planning and Design of Airports – Robert Horonjeff and Francis X. McKelvey – 3^a Edição Editora McGraw – Hill Inc. 1986, pág. 402)

TABELA DE CARACTERÍSTICAS DE HELICÓPTEROS

Tipos Helicópteros	B (m)	R (m) Rotor	Capacidade Nº Pessoas	Peso (kg)	Carga (Kg)	Velocidade (km/h)	Alcance (km)
Esquilo	12,94	10,69	1P+5/6Pax	2.250	1.078	246	666
Colibri 117	13,00	11,00	1P+7/10Pax	3.350	1.595	246	540
Colibri 135	12,19	10,20	2P+5/6Pax	2.835	1.255	256	615
Dolphin 365*	13,73	11,94	2P+11Pax	4.250	1.979	275	860
Super Puma*	18,70	15,60	2P+20Pax	8.600	4.500	262	831
AW119Ke	12,92	10,83	1P+7Pax	3.150	1.695	257	935
AW109Power*	13,04	11,00	1P+7Pax	3.000	1.410	285	948
AW139*	16,66	13,80	2P+14	6.400	2.680	306	1.250
Projeto	20,00	16,00	2P+20Pax	10.000	4.500	262	831
Projeto 1	14,00	12,00	2P+11Pax	5.000	1.979	275	860
Esquilo1	13,00	10,70	1P+5/6Pax	2.250	1.078	246	666

Nota: (*) Helicóptero com duas turbinas.

ELEMENTOS BÁSICOS DE PROJETO

HELIPONTO PÚBLICO

AERONAVE: Helicóptero AS 355N (Esquilo)

DIMENSÕES:

B = 12,94m = 12,95m (comprimento total)

R = 10,69m = 10,70m (rotor aberto)

R1 = 3,05m (rotor fechado)

B1 = 10,93m = 10,95m (comprimento)

H = 3,14m = 3,15m (altura do rotor)

CAPACIDADE: 1 Piloto + 5/6 Passageiros

PESO MÁXIMO DE DECOLAGEM: 2.600kg

Obs.: correção para elevações superiores a 300m de altitude, acima deste limite acrescer 15% para cada 300m ou fração.

DIMENSIONAMENTO DAS ÁREAS

1 – Área de Toque = B x B

2 – Área de Pouso e Decolagem = 1,5B x 2,0B (FATO) ou 1,5B x 1,5B (Quadrada)

3 – Área Periférica = 2,0B x 2,5B (Segurança) ou 2,0B x 2,0B (Quadrada)

4 – Superfície de Aproximação e Saída

ELEMENTOS DE PROJETO	Itens do Projeto	Portaria 1.141 PBZPH	Anexo 14 Vol. II Visual - NP
Declividade – 1:8 (Portaria 18)	Largura	1,5B	2,0B
Largura mínima = 1,5B	Divergência	9º (15,8%)	Dia - Noite
Largura máxima = 150m			10% - 15%
Distância = 1.200m	1º Seg. Rampa	1:13	8% = 1:12,5
	Distância	245m	245m

5 – Superfície de Transição

Declividade = 1:2 (Portaria 1.141)	2º Seg. Rampa	1:7	10% - 15%
Largura = 2,0B (1,5B)	Distância	920m	
Altura = 30m	Largura	220m	49m - 73,5m

6 – Pátio de Estacionamento = Cada Posição (B x B) e separação mínima 3m.

7 – Pista de Rolamento = 6m de largura.

8 – Faixa Livre da Pista de Rolamento largura = 2 x R (Diâmetro do Rotor).

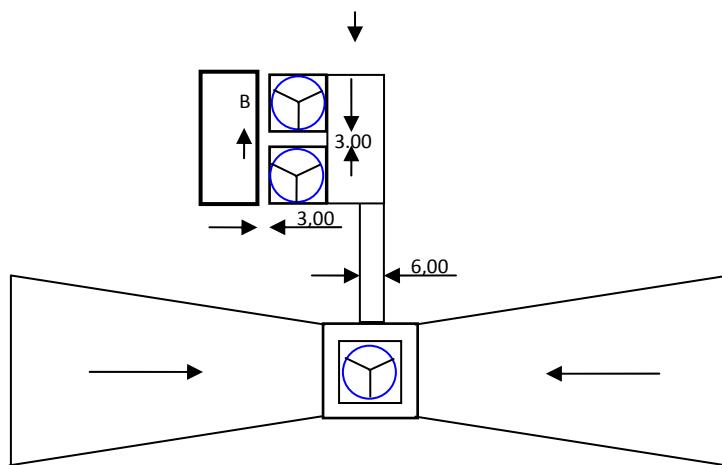


FIGURA 5.08 - Esquema de um Heliporto, Pista de Rolamento, Pátios e Hangares

PLANO E PROJETO DE HELIPORTOS

O tamanho e a forma de heliporto e o tipo de instalações oferecidas, depende primeiramente de 3 fatores:

1 – A natureza do sítio existente.

2 – As dimensões e performance (ou desempenho) característica dos helicópteros usados.

3 – O número, tamanho e localização das edificações e outros objetos ao redor do heliporto.

Componentes operacionais principais de um heliporto:

Área de toque (B)

Área de pouso e decolagem (1,5B)

Área periférica (1) 10ft ou 1/4B – o maior dos valores

(1) não é permitido o acesso de pessoas não autorizadas

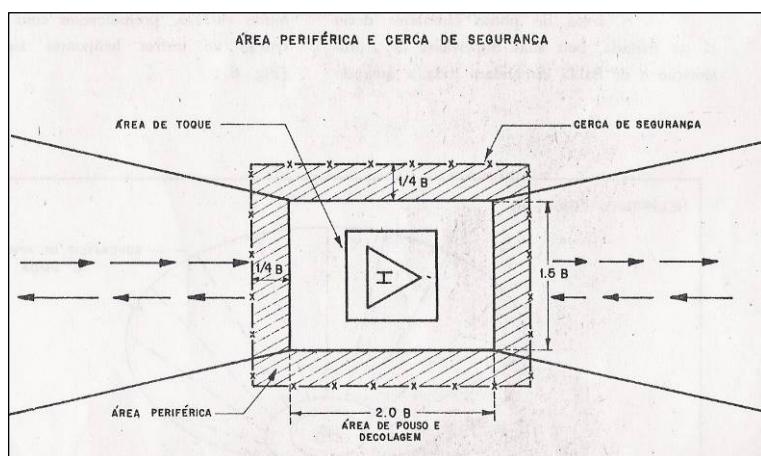


FIGURA 5.09 - Área Periférica ou de Segurança (Figura 7 da Portaria 18/GM5)

Pátio de Estacionamento:

Privados no mínimo 1 Posição.

Públicos no mínimo 2 Posições.

Dimensões e envelope:

FIGURA 5.06 (Figura 8 da Portaria 18/GM5)

Afastamentos entre envelopes = C = 10ft ou 3,00m

Terminal de Passageiros e de Carga se for necessário.

Parâmetros de projeto tabela 12.2 (página 370)

Pista de Rolamento:

Área pavimentada – largura = 20ft = 6,00m no mínimo

Declividade da área pavimentada:

Área de toque, pista de rolamento e pátio = 2% máximo

Outras declividades – variável 1,5 a 3% (acostamentos gramados e área não gramada)

PLANO DE ZONEAMENTO DE RUÍDO DE HELIPONTOS

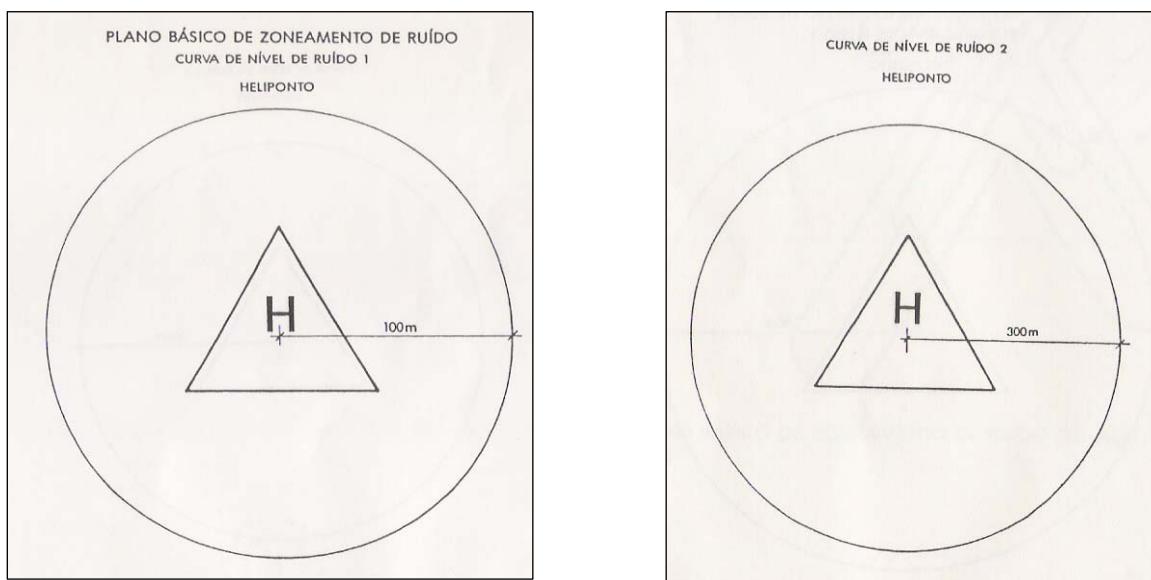


FIGURA 5.10 - Curvas de Ruído 1 e 2 da Portaria 1.141/GM5 (Artigos 69 e 70 referentes a restrição de uso e ocupação do solo)

SINALIZAÇÃO HORIZONTAL DE HELIPONTOS

Componentes da Sinalização Horizontal:

Tipo de Heliponto – Público (letra H); Privado (letra P) e Militar (M).

Capacidade de suporte da plataforma do Heliponto – Número (toneladas).

Direção do Norte Magnético – Vértice do Triângulo (Cruz para Hospital).

Linha de Delimitação da Área de Toque e da Área de Pouso e Decolagem.

Seta Indicativa da Direção de Aproximação (colocada no lado direito).

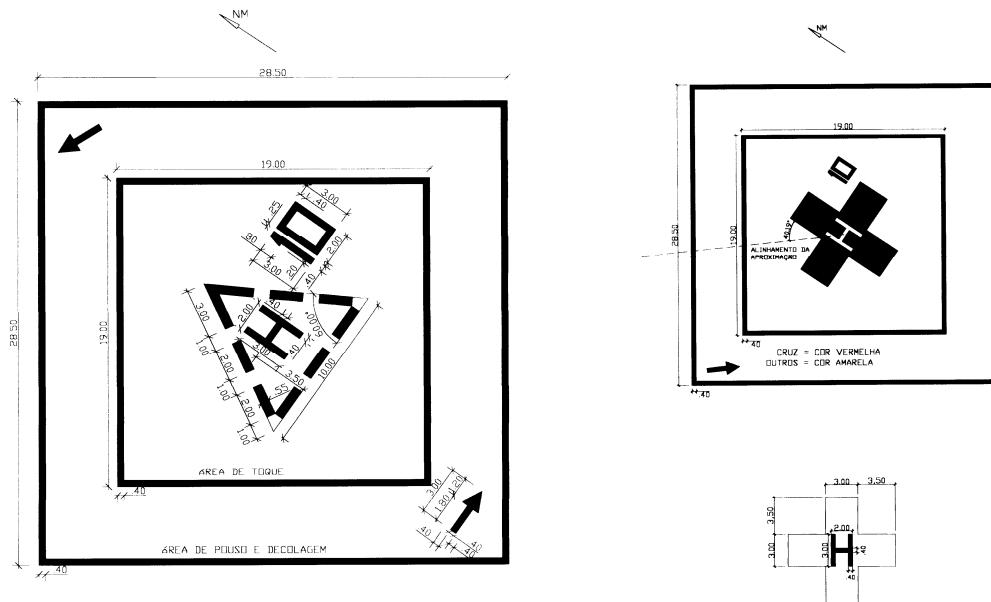


FIGURA 5.11 - Sinalização Horizontal de um Heliporto

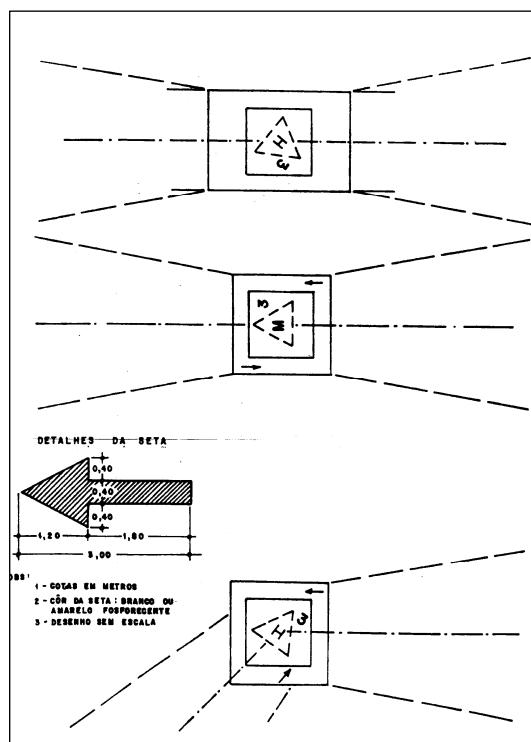


FIGURA 5.12 - Indicação das Superfícies ou Área de Aproximação

DIMENSÕES DOS NÚMEROS USADOS EM HELIPONTOS

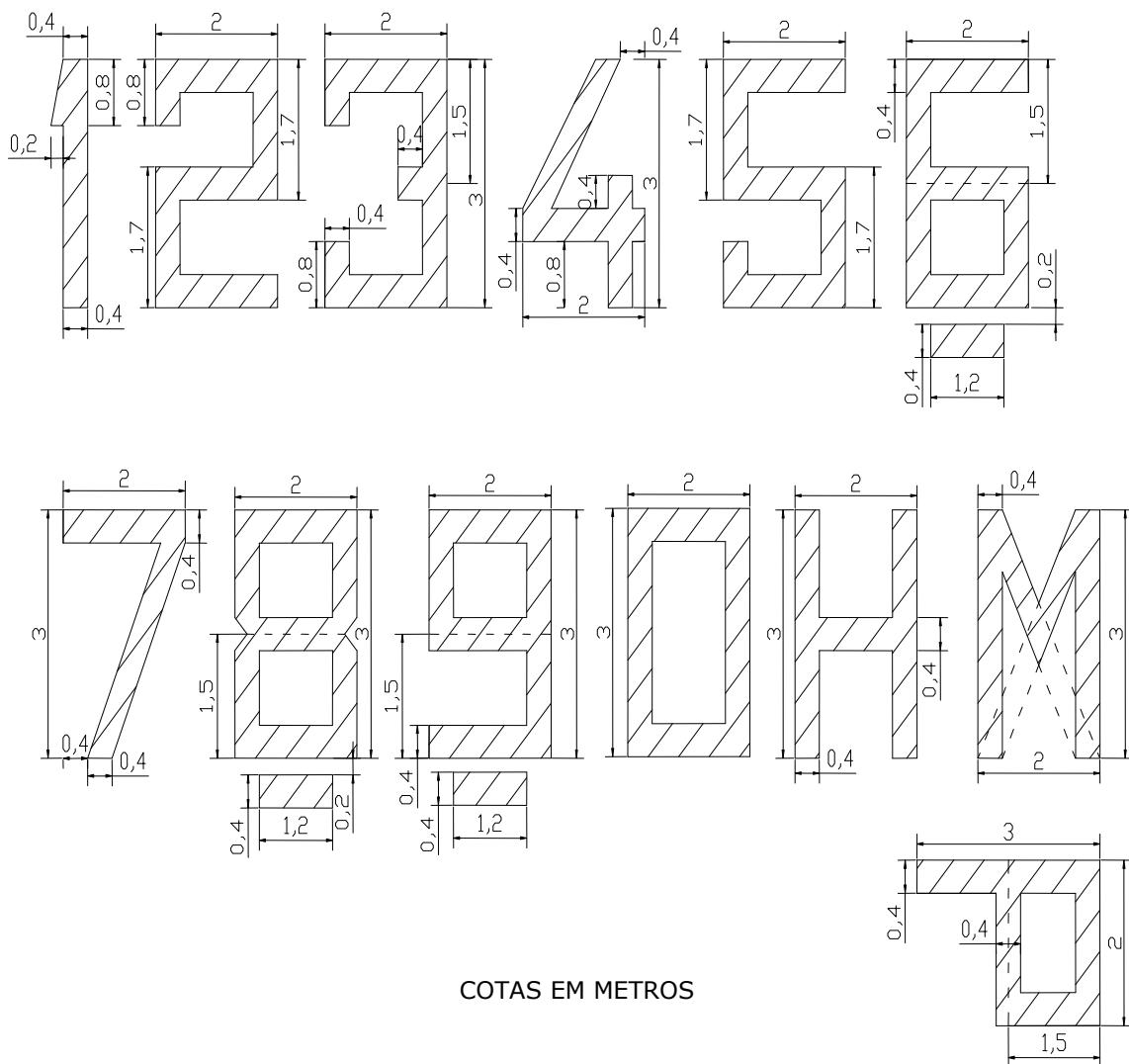


FIGURA 5.13 - Números e Formas dos Algarismos usados na pintura de helipontos