

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Transportes - STT

Orientação de Pistas

Prof. Manoel Henrique Alba Sória

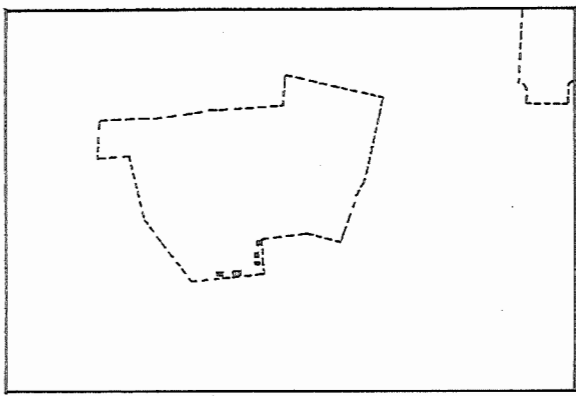
São Carlos, março de 2003
reimpressão
Código 05026

ORIENTAÇÃO DE PISTAS

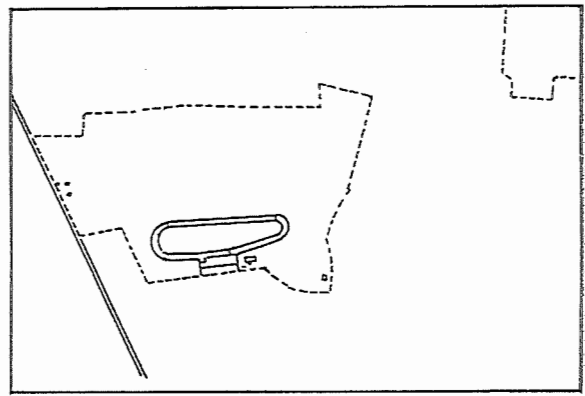
O avião deveria sempre decolar e pousar exatamente contra o vento. Teria assim duas vantagens: a) não sofreria efeito da componente transversal do vento, que o tira da trajetória isto é, poderia operar com o seu eixo longitudinal coincidente com a trajetória e; b) contaria com o vento como parcela da sua velocidade aerodinâmica. Por esse motivo os aeroportos de antigamente, das décadas de 20 e 30, eram campos de avião: áreas aproximadamente circulares, geralmente gramadas ou de terra batida, nas quais o avião poderia decolar ou pousar, em quase todas as direções. Examinemos, por exemplo, a figura 1a de um "campo de aviação" da Europa. Excetuando-se as direções em que os prédios impedem a operação, há uma ampla faixa de escolha para o piloto que vai decolar ou pousar. Nessa época os aviões eram pequenos e exigiam apenas algumas centenas de metros para decolar e em contraposição, por serem lentos (menos velozes que os atuais) eram muito mais suscetíveis (que os atuais) aos ventos transversais, também chamados cruzados ou de travês.

Com o aumento da velocidade de pouso e decolagem os aviões tornaram-se menos sensíveis à componente transversal do vento. Em contrapartida, o aumento do peso e da carga alar - peso por área de asa -, fez com que os aviões necessitassem pistas mais longas e de piso mais resistentes. Assim, hoje, há a exigência de pistas pavimentadas da ordem de 1, 2, 3 ou mais quilômetros de comprimento. Diante da inviabilidade e impraticabilidade de se construir algo similar aos antigos campos de aviação nessas condições e ainda pavimentados, constroem-se pistas de pouso e decolagem, pistas de rolamento e pátios. Isso equivale a delimitar áreas onde o avião pode movimentar-se no solo, constituindo, em conjunto, a região dos aeródromos chamada de "Áreas de movimento" (definida no Anexo 14, OACI 1983, ítem 1.1*). A figura 1 mostra a evolução de um aeródromo ao longo do tempo.

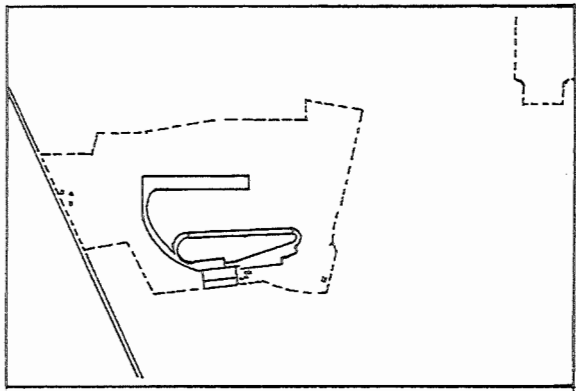
* As obras referidas, bem como as apenas consultadas, encontram-se arroladas por autor ou entidade, no ítem bibliografia.



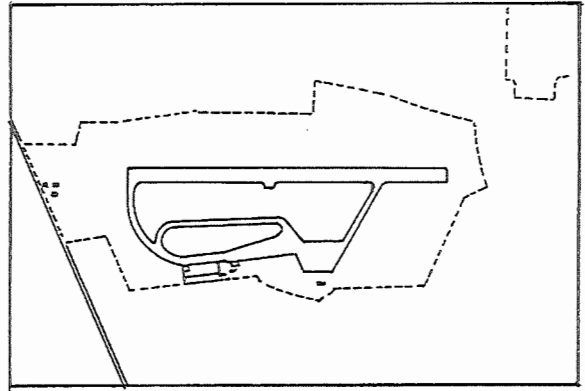
1922



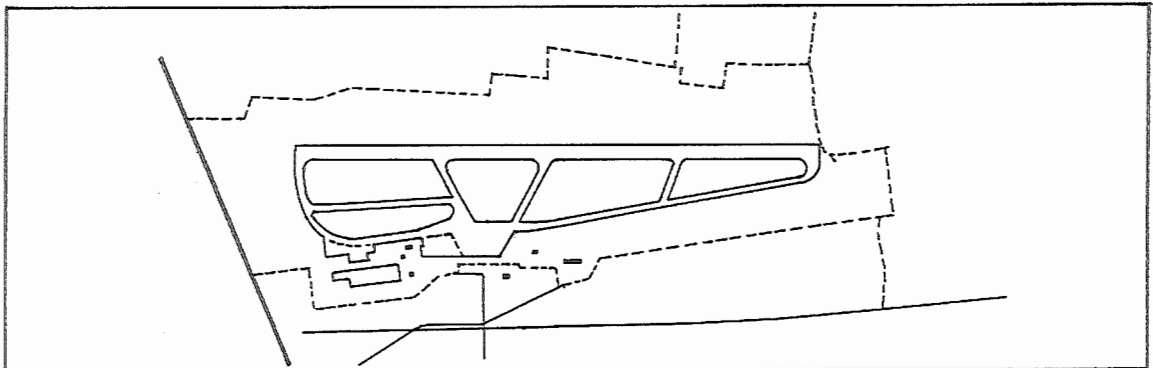
1937



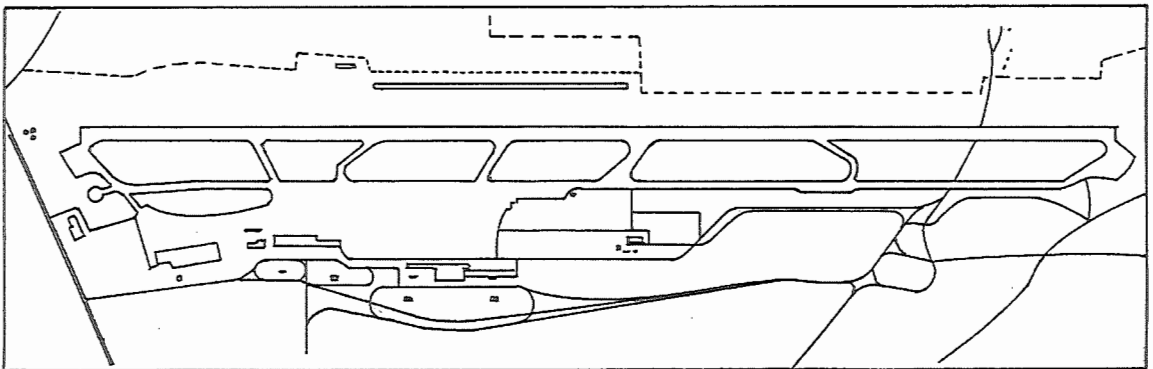
1942



1944



1947



1967

FIGURA 1 - EVOLUÇÃO DO AEROPORTO DE GENEBRA (Adaptado de BLANKENSHIP, THE AIRPORTS).

Como o avião deve pousar e decolar de uma pista, tem apenas uma escolha: pode escolher a cabeceira da pista a usar isto é, o sentido da pista a usar. A escolha da cabeceira é feita em função do vento que sopra na ocasião da operação.*

Uma vez escolhida a cabeceira, de modo que se opere contra a componente do vento da direção da pista, temos que conviver com a componente do vento perpendicular ao eixo da pista. Examinemos a figura 2, que mostra um avião aproximando-se para o pouso.

Para pousar, a sua trajetória deve coincidir com o prolongamento do eixo da pista. Estando imerso no ar, que se move (em relação ao solo), o avião, para manter essa trajetória, deve ter uma proa (direção do eixo longitudinal do avião) que não coincide com a trajetória. Se tentasse voar com o eixo do avião coincidente com o eixo da pista, o avião desviar-se-ia e sua trajetória não seria coincidente com o prolongamento do eixo da pista, como mostra a figura 3. Para voar ao longo dessa direção a componente da velocidade do avião na direção ortogonal à pista, (ou transversal), deve ser igual à componente transversal do vento, isto é, $V_{AT} = V_{VT}$. Do ângulo α da figura 2 tira-se:

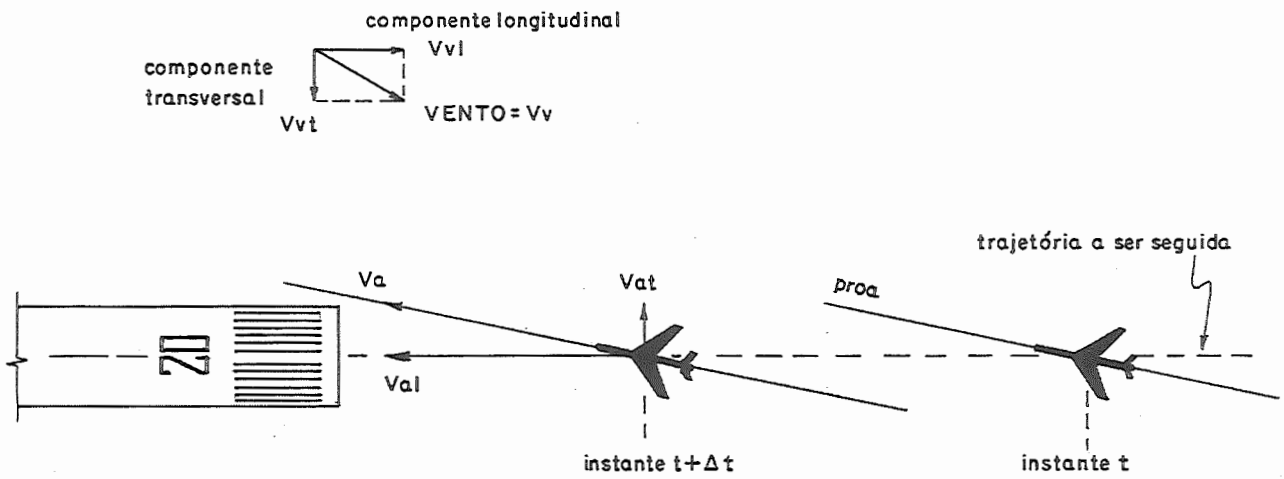
$$\text{sen } \alpha = \frac{V_{AT}}{V_A} = \frac{V_{VT}}{V_A} \quad (1)$$

pois $V_{AT} = V_{VT}$

ou, em palavras, o ângulo α que o eixo longitudinal do avião faz com a trajetória é tal que $\text{sen } \alpha$ é igual à componente transversal do vento (velocidade) dividida pela velocidade aerodinâmica do avião.

O ângulo α que o eixo longitudinal do avião deve fazer com a trajetória será portanto função da componente transversal do vento e da velocidade do avião. O avião mantém-se voando nessa posição até estar prestes a tocar a pista, na zona de toque (Touchdown zone - Anexo 14, OACI, 1983, ítem 11). Pouco antes de tocar a pista, deve corrigir esse ângulo para que o avião entre

* Há outras condicionantes na escolha da cabeceira a serem usadas mas no momento nos abstrairmos delas. São, principalmente: lay-out do aeródromo, obstáculos, disponibilidade de instrumentação, ruído, interferência de tráfego com outro aeródromos, declividade da pista, etc.



Legenda

- V_v = velocidade do vento
- V_{vt} = componente transversal do vento (\perp 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
- $V_{a\ solo}$ = velocidade do avião em relação ao solo = $V_{al} - V_{vl}$

FIGURA 2 - EFEITOS DO VENTO NA APROXIMAÇÃO E POUSO

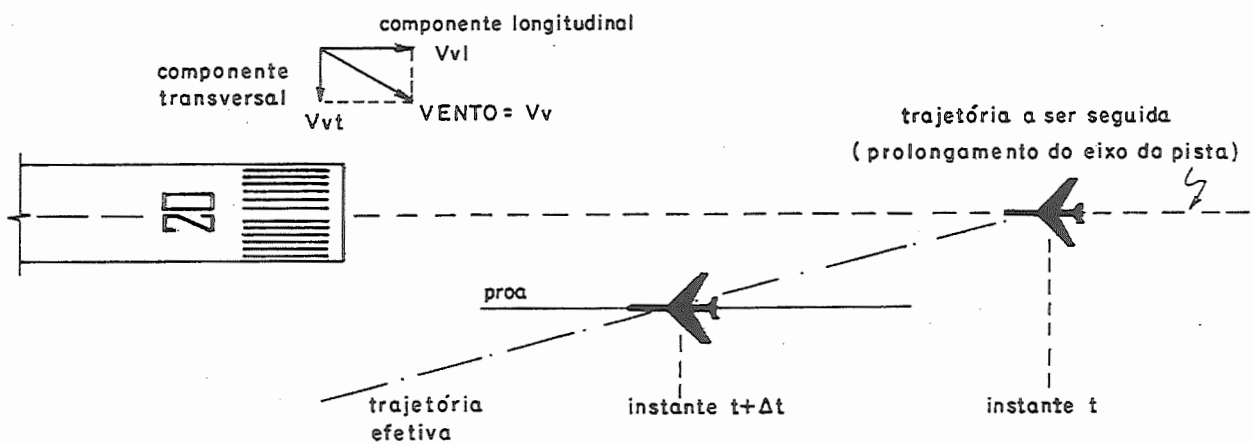


FIGURA 3 - TRAJETÓRIA OBTIDA SE A PROA COINCIDIR COM O PROLONGAMENTO DO EIXO DA PISTA.

em contato com a pista na posição correta, isto é, com seu eixo longitudinal paralelo ao eixo da pista. Se a componente transversal do vento for excessiva (para o avião), o ângulo α será também excessivo e o pouso será impossível ou inseguro, pois o avião poderia tocar a pista numa situação e posição desfavorável e acarretar um acidente.

Na prática, para cada avião, há um limite máximo de componente transversal de vento admissível. Nos manuais de operação pode-se ler algo como:

"Componente de vento cruzado máximo demonstrado:

- Demonstração efetuada numa pista seca com ambos os motores operando
 - 18 nós para a decolagem
 - 20 nós para a aterragem.
- Demonstração efetuada numa pista molhada com somente um motor em reverso
 - 14 nós para a aterragem"

(Manual de Operação: EMB-110, K₁, P₁ e P₂, Bandeirante. No caso a velocidade do avião para o pouso é 94 nós e a velocidade mínima de controle é 84 nós).

A grosso modo, pode-se dizer (Horonjeff, 1975) que o ângulo máximo que se consegue corrigir é da ordem de 10°. O seno de 10° é aproximadamente 0,17. Daí se conclui que, grosseiramente, pode-se dizer que o avião pode pousar com ventos que têm componente transversal à pista, de até 17% da sua velocidade de pouso. Tomando-se alguns valores representativos da velocidade de pouso de avião pode-se construir a tabela 1.

TABELA 1

AVIÃO TIPO	VELOCIDADE POUSO	ÂNGULO α MÁXIMO ADMISSÍVEL	COMPONENTE TRANSVER. MÁXIMA ADMISSÍVEL
Jato de Grande Porte	130 nós	10°	22 nós
Turbo Hélice de Porte Médio	90 nós	10°	15,3 nós
Pequenos Monomotores a pistão	60 nós	10°	10,20 nós

NOTA: Esses valores servem apenas como ilustração. Na realidade cada avião deve demonstrar suas características em ensaios.

Quando sopra um vento com velocidade e direção que a sua componente transversal ultrapassa a admissível a pista é fechada à operação. Se o aeródromo tiver uma ou mais pistas em outra direção ou outras direções, estas poderão estar em situação mais favorável que a primeira. O vento que tem componente transversal maior que a admissível em determinada direção pode não ser prejudicial para uma pista que tem direção de 50° ou 90° com a primeira. Esse fato leva a arranjos físicos de aeródromos com duas ou mais direções de pista, como se vê na figura 4. (As pistas paralelas são necessárias por razões de capacidade).

Para fins de planejamento, as recomendações da OACI, Anexo 14 (1983) são:

"3.1.1. Recomendação - O número e orientação das pistas de um aeródromo deve ser tal que o fator de utilização não seja menor que 95% para as aeronaves para as quais o aeródromo é destinado a servir.

3.1.2. Escolha do máximo permissível para a componente transversal do vento.

Recomendação - Na aplicação de 3.1.1 deve ser admitido que o pouso ou a decolagem dos aviões é, em circunstâncias normais, vedado quando a componente transversal do vento excede:

37 km/h (20 nós) no caso de aviões cujo comprimento de referência de pista* é 1500 m ou mais, exceto que quando ocorrer com certa frequência, que a pista tenha nas condições de frenagem devida a um coeficiente de atrito insuficiente, deve ser admitida uma componente transversal que não exceda 24 km/h (13 nós);

24 km/h (13 nós) no caso de aviões cujo comprimento de referência de pista é 1200 m ou mais mas não incluindo 1500 m;

19 km/h (10 nós) no caso de aviões cujo comprimento de referência de pista é menor que 1200 m."

* O comprimento de referência de pista do avião (Airplane reference field length) é definido no item 1.1 do Anexo 14.

Vê-se portanto que quando uma só pista não fica mais de 95% do tempo aberta à operação, recomenda-se a construção de outra pista, noutra direção. O conjunto de uma, duas ou mais direções deve permitir que o aeródromo esteja aberto ao tráfego, pelo menos 95% do tempo. Do ponto de vista operacional, mesmo uma porcentagem de fechamento como 5% pode ser muito grande para ser admitida, numa obra que pode ter consumido muitos recursos da comunidade para ser construída. Deve-se ressaltar ainda que as restrições do vento variam de local para local. Há locais privilegiados e outros mais penalizados pelo vento.

Para abordar diretamente a escolha da direção de pista, separemos a questão em duas partes:

Problema 1: Dado o regime de ventos do local e o valor da componente transversal máxima admissível e uma direção de pista, qual é a porcentagem das ocasiões em que o vento teve componente transversal maior (ou menor) que a máxima admissível pelo avião? Ou qual é a frequência esperada de ocorrência, para o futuro, desse evento?

Problema 2: Dado o regime de ventos e a componente transversal máxima admissível, qual é a melhor direção de pista?

Começemos analisando o vento.

Regime de Ventos

O vento é caracterizado por três parâmetros: direção, velocidade e frequência de ocorrência. O vento do qual nos referimos é o vento de superfície, que segundo procedimentos padronizados é medido a uma altura de 10 m acima do solo.

Normalmente chama-se de "direção do vento" aquilo que na realidade é direção e sentido do vento. Assim, quando o ar se move na direção norte-sul e com sentido do norte para o sul, diz-se vento norte. Mede-se a direção do vento em relação ao Norte verdadeiro ou geográfico.

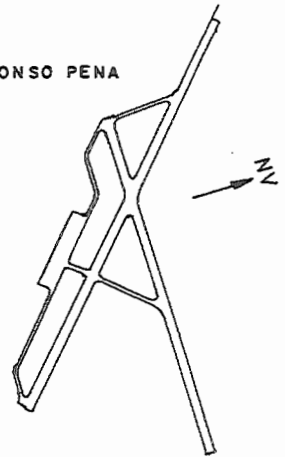
A velocidade ou intensidade do vento pode ser medida em qualquer unidade de velocidade. Em Meteorologia Aeronáutica são comuns as medidas em km/h, m/s e nós. (1 nó = 1 milha náutica/hora = 1,852 km/h).

Tendo-se um conjunto de observações de direção e velocidade, pode-se estabelecer a frequência de cada classe de intervalos de valores.

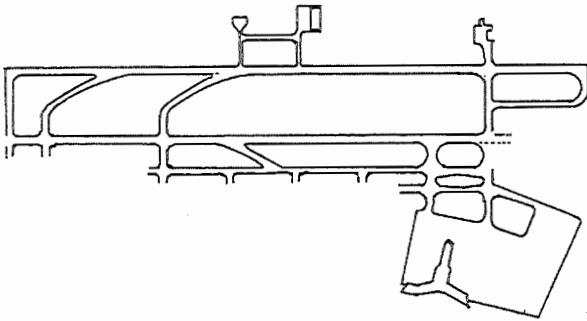
BELO HORIZONTE / PAMPULHA



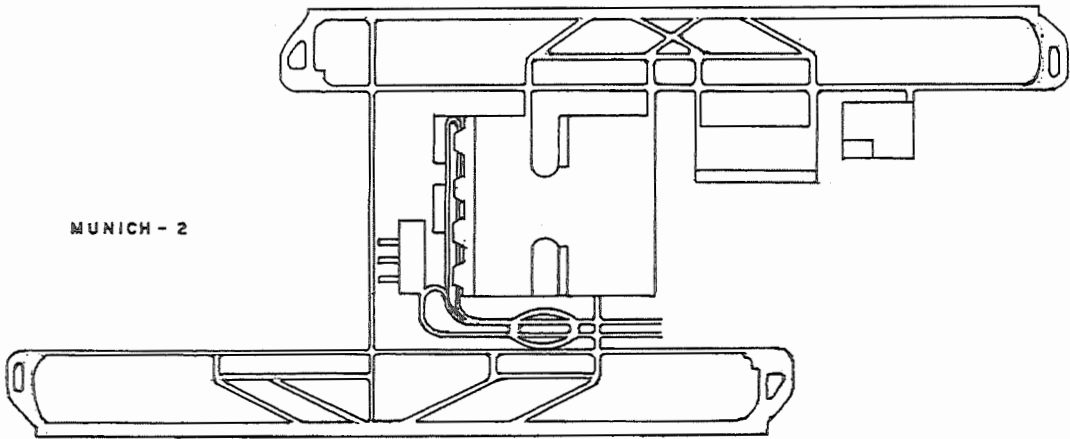
CURITIBA / AFONSO PENA



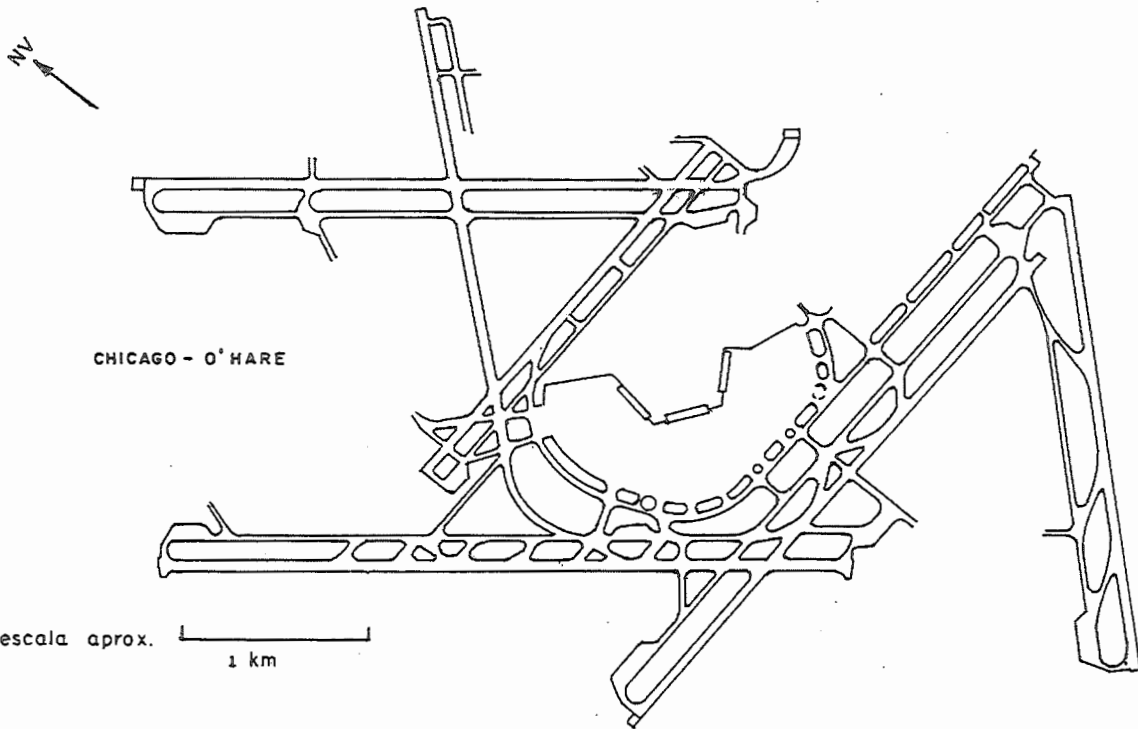
SÃO PAULO / INT. / GUARULHOS



MUNICH - 2



CHICAGO - O'HARE



escala aprox. 1 km

FIGURA 4 - ARRANJO FÍSICO DE ALGUNS AERÓDROMOS

Uma das maneiras gráficas de representar os ventos é através da rosa dos ventos, usada desde a antiguidade. Nela são representados, geralmente, direções de vento, intensidades e também frequências durante um período de tempo. Uma versão moderna de uma rosa dos ventos é mostrada na figura 5. Ressalta-se que também se chama, por extensão, rosa dos ventos ao círculo de direções como o mostrador das bússolas ou qualquer outra representação similar.

Embora a rosa dos ventos como a da figura apresente informações de frequência e velocidade por classes de direção, ainda não permite uma análise quantitativa sobre a melhor direção de pista e a probabilidade de ocorrência de ventos com componente transversal acima de determinado valor. Para isso foi desenvolvido um processo gráfico específico, baseado no anemograma, que será detalhado a seguir.

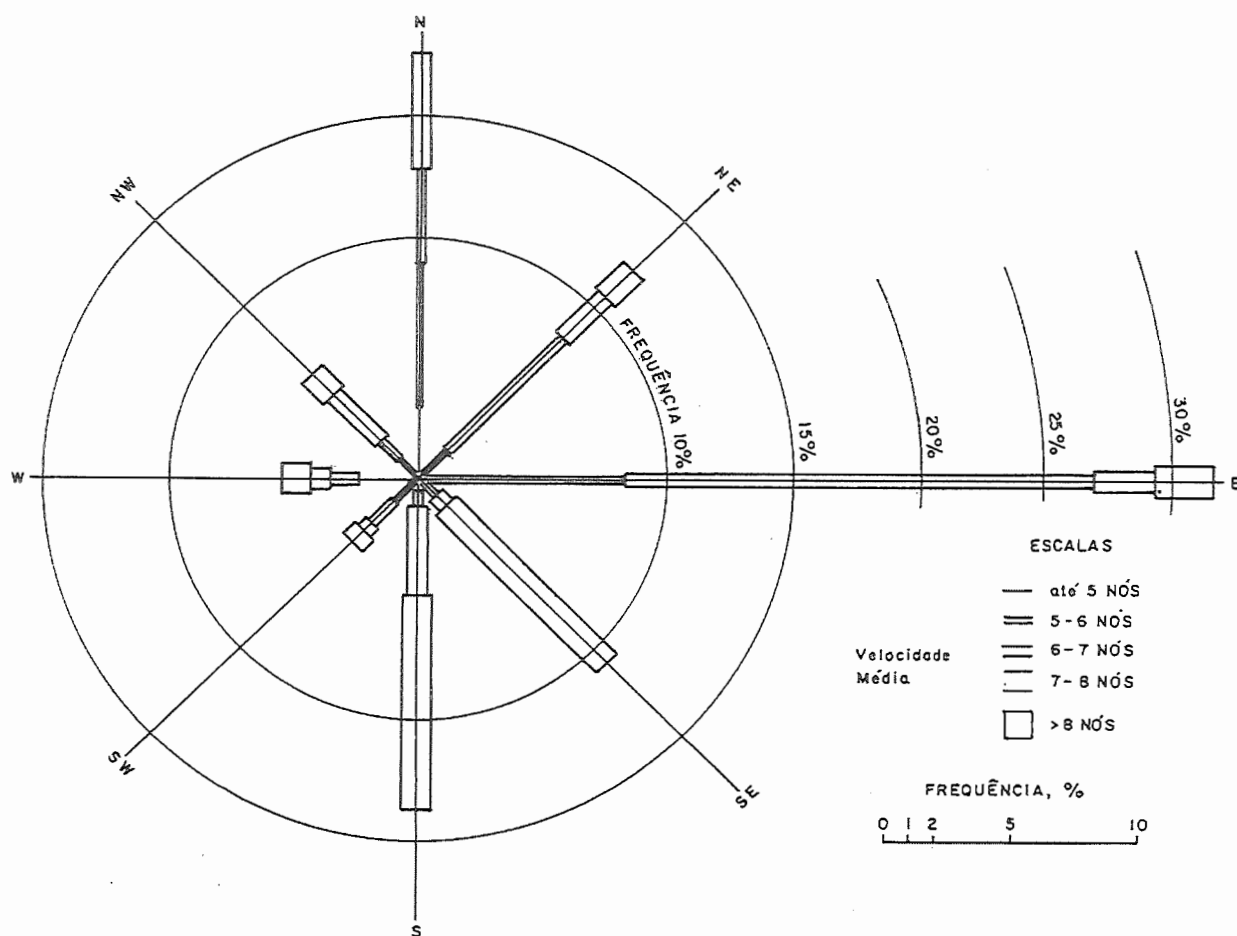


FIGURA 5 - ROSA DOS VENTOS PARA SÃO CARLOS. DADOS DO 7º DISTRITO DE METEOROLOGIA (EME) DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1982. FREQUÊNCIA E VELOCIDADE MÉDIA; 1095 OBSERVAÇÕES.

Recomenda o Anexo 14 (1983) da OACI que sejam colhidos os dados do vento durante o período de no mínimo 5 anos, com observações de 3 em 3 horas isto é, 8 vezes por dia. Nesse caso tem-se 14608 (com um ano bissexto) informações de direção de velocidade de vento. Normalmente essas informações são agrupadas por intervalos de direção e velocidade e expressas em porcentagem, obtendo-se uma tabela como a tabela 2. Os 360 graus do círculo graduado foram divididos em 16 partes de 22 1/2 graus cada, centrados nos pontos notáveis. As intensidades foram também divididas em intervalos convenientes.

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

TABELA 2 - REGIME DE VENTOS DO LOCAL A (HIPOTÉTICO) REGIME PERÍODO - 1980 - 1985

Aquí a soma dos elementos da tabela é 100. O número referente à direção ENE e intensidade 13-25 significa que das ocasiões observadas, 4,8% o vento soprava com direção entre 56,25° e 78,75° (centrada em 67,5%) e com intensidade entre 13 nós e 25 nós. Significa também, por extensão e como previsão do futuro baseado no passado, que a probabilidade de ocorrência desse vento é 4,8%.

Passemos à abordagem dos problemas propostos na página 7. Ataquemos primeiramente o problema 1 e depois o 2, com o auxílio do anemograma.

O anemograma, de ANEMO, vento, é a apresentação gráfica do regime de ventos, em analogia com anemografia, anemógrafo, anemometria etc. O anemograma é uma espécie de tabela com escalas, em intensidade e ângulo ou setor da rosa dos ventos. A figura 6 traz o anemograma para o local A, o mesmo da tabela 2. Vê-se que todas as informações da tabela 2 estão na figura 6. Além da divisão nos 16 setores, o anemograma tem uma escala radial, das velocidades. As frequências são mostradas pelos números escritos nos campos correspondentes à direção e intensidade. No centro está o número que mostra a frequência dos ventos de zero a três nós, dos quais não se indicou a direção. Os ventos acima de 40 nós foram desprezados.

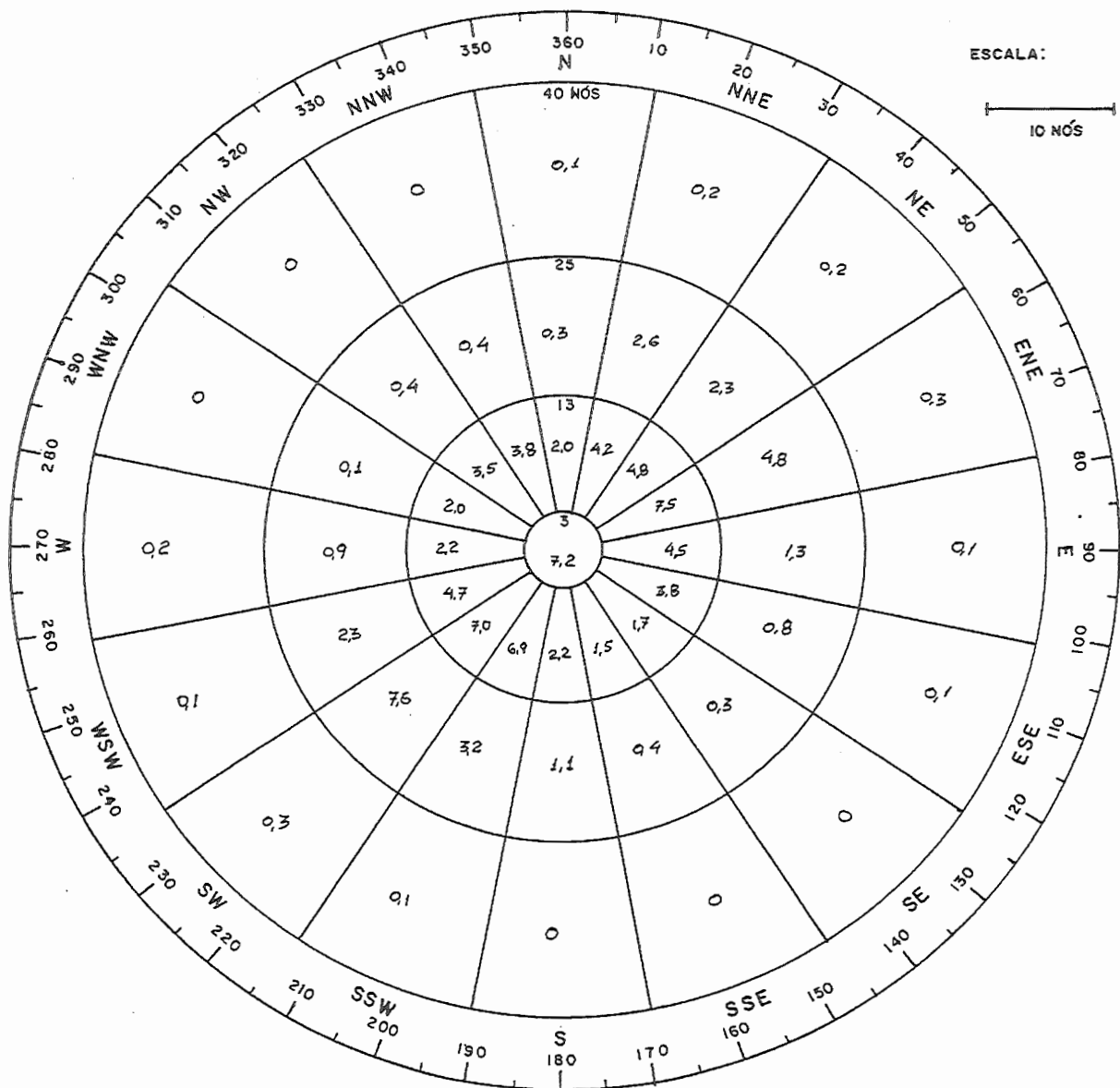


FIGURA 6 - ANEMOGRAMA DO LOCAL A (TABELA 2)

Tomemos um anemograma genérico, uma componente transversal máxima admissível de T nós (em função das características do avião) e uma direção de pista, 60° - 240° (por exemplo). Indiquemos essa direção pela linha tracejada na figura 7. Lancemos ainda nessa figura duas retas paralelas a essa tracejada e dela separadas pela distância T.

Essas duas paralelas separam os campos do anemograma que têm componentes transversais maiores e menores que T nós: dentro da faixa, menor e fora dela, maior. Vejamos como.

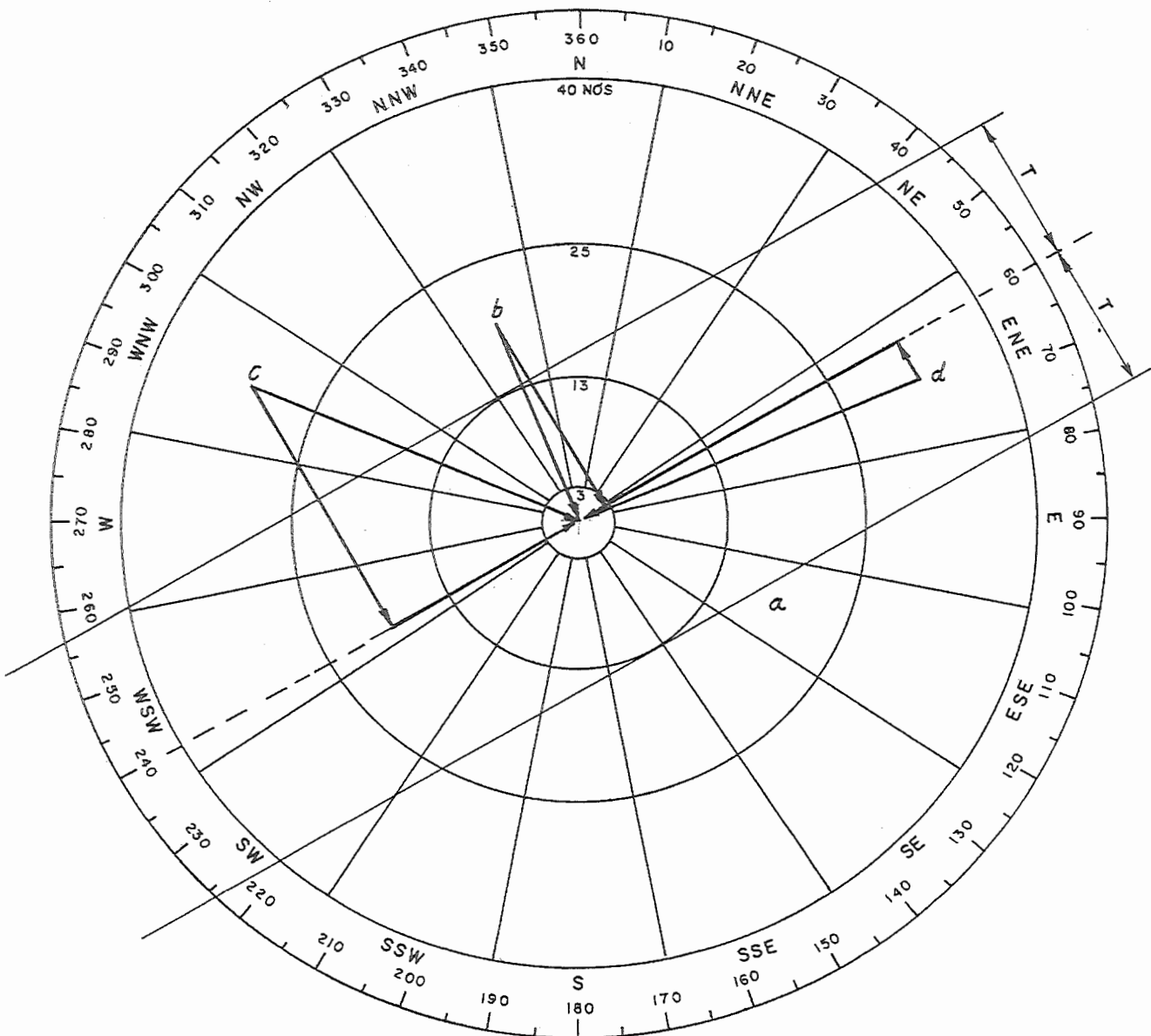


FIGURA 7 - DECOMPOSIÇÃO VETORIAL DOS VENTOS NO ANEMOGRAMA

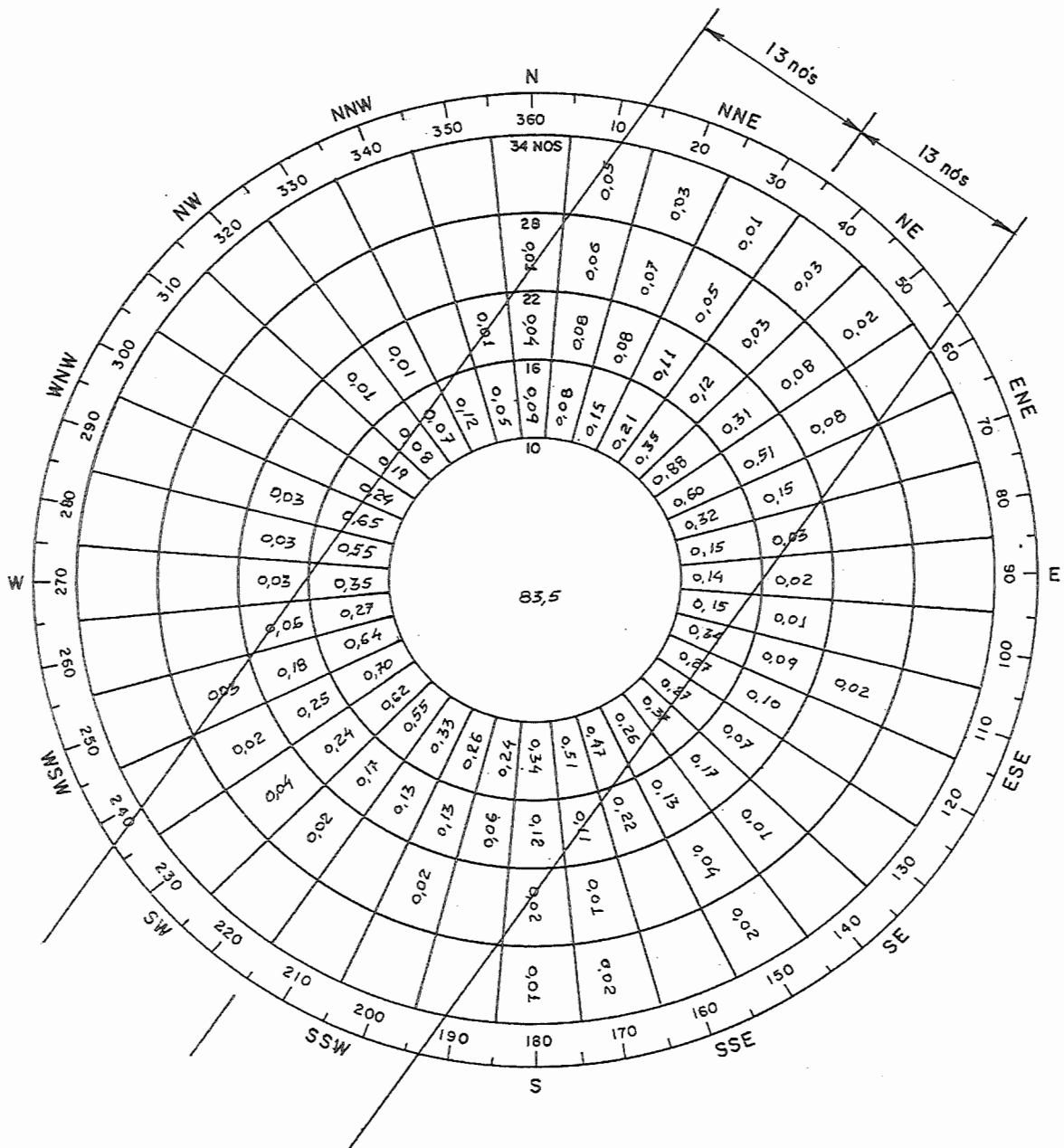
Na figura 7 o valor de b escrito no campo entre 13 nós e 25 nós e direção NNW indica que b % das ocasiões sopra um vento que pode ser representado por um vetor que vai do centro do campo até o centro do anemograma. Do mesmo modo podem ser representados todos os outros campos. Vê-se que uma decomposição do vetor que representa as observações entre 13 e 25 nós e NNE e ocorrência b % segundo a direção da pista em análise mostra que ele tem componente transversal maior que T . Já o campo entre 25 nós e 40 nós e direção ENE tem componente transversal menor que T , embora a velocidade do vento, (simbolizada pelo módulo do vetor) e a sua componente longitudinal sejam bem maiores que T .

Vê-se portanto, que as duas retas paralelas à direção da pista, distantes T nós do diâmetro que caracteriza essa direção, separam os ventos segundo sua componente transversal maior ou menor que T nós. Nos casos em que a reta corta um campo como por exemplo, entre 13 e 25 nós e direção ESE na figura 7, avalia-se que a área do campo está de um e de outro lado da reta. No caso exemplificado, $1/4$ de a está dentro da faixa e $3/4$ de a , fora dela.

Somando-se todos os valores dentro da faixa definida pelas duas paralelas tem-se a porcentagem das ocasiões em que o vento sopra com componente transversal menor que T nós. A soma do que ficou fora indica a porcentagem das ocasiões que o vento tem componente maior que T nós.

O coeficiente (ou fator) de utilização é a porcentagem das ocasiões em que o aeroporto não está fechado devido ao vento, o que corresponde à soma das porcentagens dentro das faixas paralelas (para o valor T adotado e a direção de pista em análise).

Uma vez resolvido o problema 1, o da escolha da melhor direção de pista - problema 2 - fica fácil. Basta procurar no anemograma a direção que maximize a soma das frequências que caem dentro da faixa de paralelas ou minimize as frequências de fora. Isso pode ser feito com a ajuda de uma faixa de papel transparente onde são traçadas as três retas: a central - tracejada -, e as retas paralelas. Girando-se a faixa e computando-se as frequências por tentativa, chega-se à melhor solução. Com alguma experiência bastam três ou quatro tentativas. Está assim resolvido o problema 2. A figura 8 mostra um exemplo de análise do anemograma e determinação da melhor direção de uma pista.



Dados: Local B (Tabela 3)

Componente transversal admissível: 13 nós

Resultado: Direção escolhida $35^{\circ} - 205^{\circ}$, N.V.

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

FIGURA 8 - ANEMOGRAMA COM ESCOLHA DE DIREÇÃO DE PISTA

LOCAL B (HIPOTÉTICO)

REGIME DE VENTOS: PERÍODO 1979 - 1985

DIREÇÃO (DIVISÕES DE 10°)	PERCENTAGEM DAS OBSERVAÇÕES DE VELOCIDADE SEGUNDO CLASSES DE DIREÇÕES									
	0-3 nós	3-6 nós	6-10 nós	10-16 nós	16-22 nós	22-28 nós	28-34 nós	34-40 nós	ACIMA DE 40 NÓS	TOTAL
01	0,18	0,30	0,16	0,08	0,08	0,06	0,05	0,03		0,94
02	0,19	0,40	0,20	0,15	0,08	0,07	0,03			1,12
03	0,14	0,35	0,14	0,21	0,11	0,05	0,01			1,01
04	0,37	0,67	0,30	0,35	0,12	0,03	0,03			1,87
05	0,70	1,59	0,71	0,88	0,31	0,08	0,02			4,29
06	0,54	1,56	0,77	0,60	0,51	0,08				4,06
07	0,74	1,57	0,65	0,32	0,15					3,43
08	0,38	1,24	0,40	0,15	0,03					2,20
09	0,64	1,59	0,60	0,14	0,02					2,29
10	0,67	1,00	0,53	0,15	0,01					2,36
11	1,20	2,16	1,22	0,34	0,09	0,02				5,03
12	0,57	0,90	0,67	0,27	0,10					2,51
13	0,42	1,08	0,70	0,27	0,07					2,54
14	0,39	0,83	0,60	0,37	0,17	0,01				2,37
15	0,54	0,87	0,68	0,26	0,13	0,04	0,02			2,54
16	0,21	1,15	1,04	0,47	0,22					3,09
17	0,52	1,07	0,97	0,51	0,11	0,01	0,02			3,15
18	0,40	1,02	0,86	0,34	0,12	0,02	0,01			2,77
19	0,42	0,83	0,43	0,24	0,06					1,98
20	0,47	0,85	0,53	0,26	0,13	0,02				2,26
21	0,22	0,63	0,31	0,33	0,13					1,62
22	0,30	0,73	0,62	0,55	0,17	0,02				2,39
23	0,43	0,99	0,60	0,62	0,24	0,04				2,92
24	0,34	0,73	0,68	0,70	0,25	0,02				2,72
25	0,45	0,97	0,59	0,64	0,18	0,03				2,86
26	0,27	0,82	0,37	0,27	0,06					1,79
27	0,32	1,04	0,96	0,35	0,03					2,70
28	0,29	1,06	1,05	0,55	0,03					2,98
29	0,57	1,78	1,57	0,65	0,03					4,60
30	0,53	0,96	0,65	0,24						2,38
31	0,65	1,44	0,93	0,19						3,21
32	0,33	0,88	0,59	0,08	0,01					1,89
33	0,36	0,99	0,58	0,07	0,01					2,01
34	0,30	0,98	0,50	0,12						1,90
35	0,40	0,61	0,17	0,05	0,01					1,24
36	0,42	0,46	0,31	0,09	0,04	0,01				1,33
INDEFINIDA	8,95									
TOTAL	24,82	36,10	22,58	11,86	3,81	0,61	0,19	0,03		100,00

NOTAS: 1)- As classes de velocidade incluem o extremo superior. Por exemplo, a classe 10-16 nós reúne ventos de velocidade $10 \leq v \leq 16$.

2)- Os ventos de velocidade próxima de zero e direção indefinida estão na primeira coluna (penúltima linha).

TABELA 3 (REFERENTE À FIGURA 8)

Mais de uma pista.

Quando uma só direção não der um coeficiente de utilização suficiente (a OACI recomenda o mínimo de 95%) deve-se escolher mais uma direção para implantar outra pista. Para a avaliação do conjunto de duas pistas na condição de operação de uma pista ou outra, lança-se outra faixa no anemograma e computam-se as frequências de dentro do conjunto união das duas faixas. Figura 9. O coeficiente de utilização será de uma ou outra pista. Quando uma pista estiver fechada devido ao vento, a probabilidade que a outra esteja aberta é grande. As únicas possibilidades do conjunto de duas pistas fecharem devido ao vento correspondem aos campos extremos não cobertos pelo conjunto (união) das duas faixas.

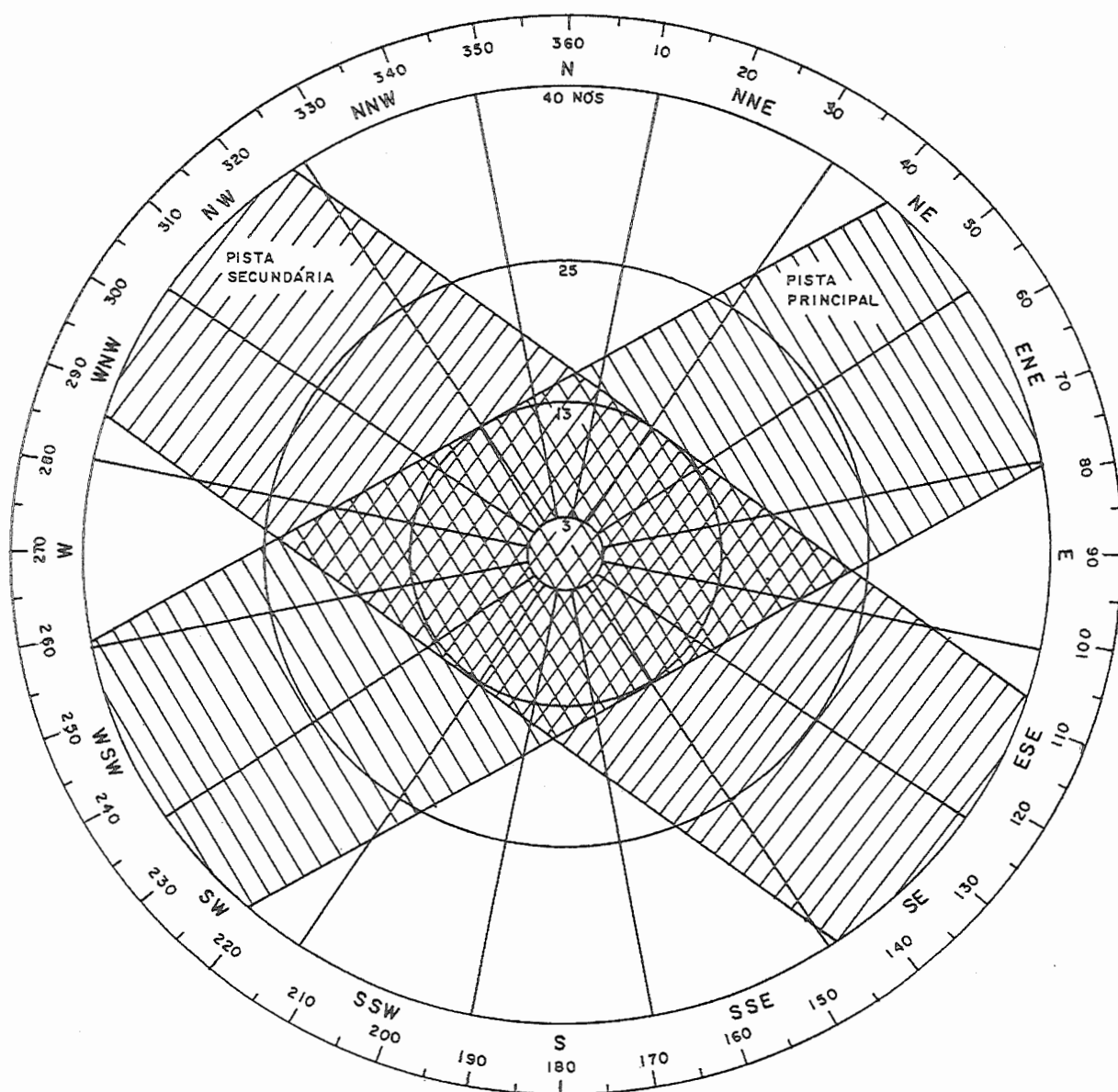


FIGURA 9 - ANEMOGRAMA PARA DUAS PISTAS

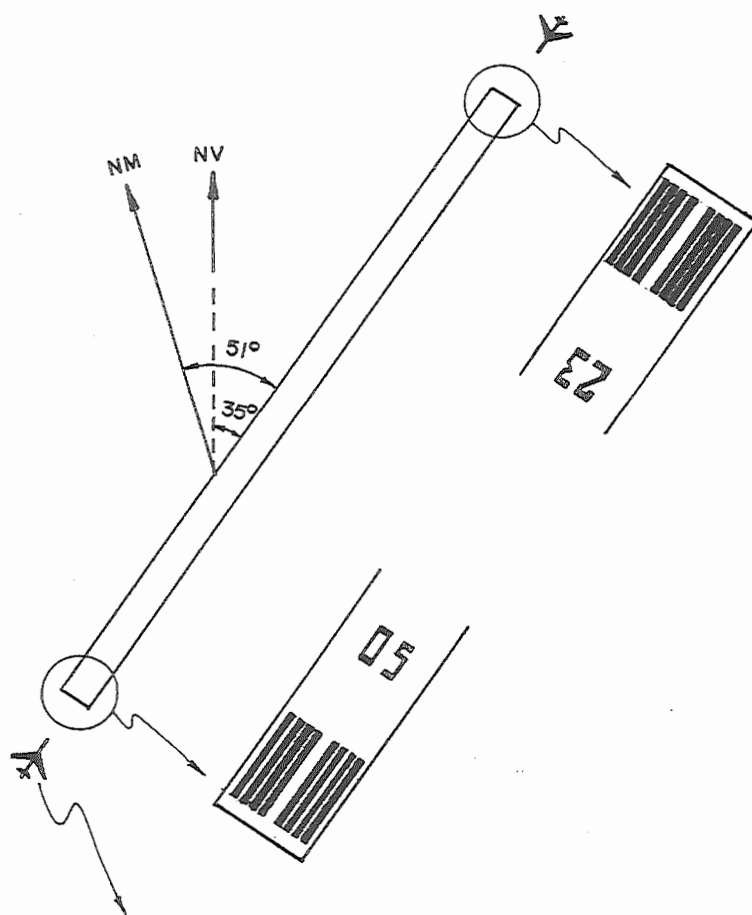
Quando se quiser saber o coeficiente de utilização para operação simultânea das duas pistas, deve-se somar as frequências do conjunto interseção das duas faixas da fig. 9. Análises similares podem ser feitas para operação de cada cabeceira isto é, pouso e decolagem em um só sentido.

Alguns pontos mais devem ser ressaltados: a) A largura total da faixa que se usa na análise do anemograma é igual ao dobro do valor da componente transversal máxima admissível; b) Numa análise por computador, pode-se usar um número muito maior de informações que as 49 (número de campos do anemograma). A rigor, poder-se-ia trabalhar com as 1460% observações. Cada observação teria o seu módulo e a sua direção. Dada uma direção de pista, a verificação de se uma observação tem componente maior ou menor que a transversal admissível é simples questão de cálculo; c) Deve-se notar ainda que quanto menor a componente máxima transversal admissível, menor será o coeficiente de utilização. Para os aviões menores e mais lentos, o vento (e portanto a direção da pista) é mais crítico.

Numeração das cabeceiras

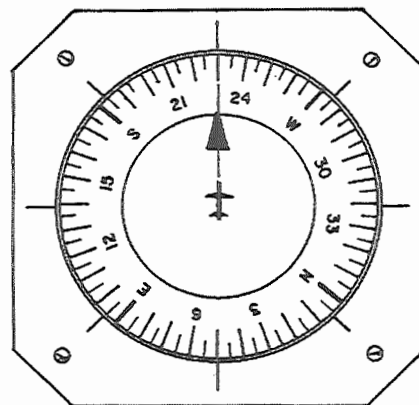
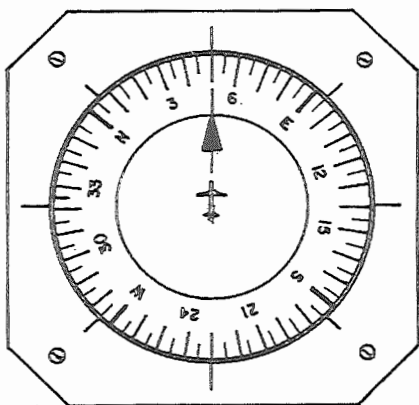
As cabeceiras das pistas são designadas através de um número de dois dígitos e em pistas paralelas, suplementadas por letras: L para esquerda (left) e R para direita (right). O número é escrito para ser visto do prolongamento do eixo da pista, ou seja, da posição de quem faz uma aproximação para o pouso. É o inteiro (se menor que dez, precedido de zero) que indica, em dezenas de graus, o azimute magnético Norte. Mais precisamente é o inteiro mais próximo de um décimo do azimute. Desse modo, o piloto do avião que se aproxima para o pouso com azimute magnético de aproximadamente 50°, lerá o número 05. Se aproximar-se pela outra cabeceira, o número lido é 23, correspondente a aproximadamente 230° (30 + 180). Note-se que os instrumentos modernos de navegação indicam o rumo em dezenas de graus.

Como a direção do vento é determinada em relação ao norte verdadeiro ou geográfico e a numeração das cabeceiras das pistas é feita em relação ao norte magnético, na determinação do número das cabeceiras é necessário levar em conta a declinação magnética do local e data. Figura 10.



Rumo indicado pelo instrumento do avião

Idem, aproximação pela cabeceira 23



- Da análise de ventos a direção escolhida é 35° - 215° com o Norte Verdadeiro.
- A declinação magnética é $\approx 16^{\circ}$ W ou seja, N.M. está a 16° para oeste do N.V.
- O desenho mostra a planta da pista e as aproximações de cada cabeceira.

NOTA: O desenho apenas ilustra a situação; o rumo indicado pelo instrumento não precisa coincidir com exatidão com o dado pelo número da cabeceira. A numeração é arredondada para dezena de graus e a proa do avião pode não coincidir com a trajetória.

FIGURA 10 - EXEMPLO DE NUMERAÇÃO DE CABECEIRA

BIBLIOGRAFIA

Blankenship, E.; The Airports, Praeger, New York, 1974, 159 pp.

Empresa Brasileira de Aeronáutica - EMBRAER; Manual de Operação EMB-110 BANDEIRANTE, São José dos Campos, 1982.

Federal Aviation Administration, Utility Airports-Air Access to National Transportation, AC 150/5300-4B-C7, 1975 - 1983, Washington, 160 pp.

Horonjeff, R.; Planning and Design of Airports, 2nd ed., Mc Graw-Hill, 1975, 460 pp.

International Civil Aviation Organization, ICAO-OACI; Aerodromes Annex 14, International Standards and recommended practices, 8th, 1983, 145 pp. , Montreal.