



1. MÉTODO UTILIZADO

O método adotado para elaborar os cálculos de capacidade dos sistemas de pistas dos aeroportos estudados foi o método criado pelo órgão norte-americano *Federal Aviation Administration* (FAA), destinado ao para cálculo de capacidade de aeroportos e seus respectivos atrasos, presente na Advisory Circular 150/5060-5.

2. FATORES QUE INFLUENCIAM A CAPACIDADE DOS SISTEMAS DE PISTAS SEGUNDO O MÉTODO ADOTADO

A Circular AC-150/5060-5 define que para se fazer uma análise detalhada da capacidade é necessário obter as Capacidades Horárias e a Capacidade Anual ou Volume de Serviço Anual. Para que essas capacidades sejam calculadas é necessário conhecer os fatores que influenciam a capacidade dos sistemas de pistas segundo o método. Dentre estes fatores temos:

I. Mix de aeronaves em operação nos sistemas de pistas

Segundo o método, as aeronaves são classificadas em categorias de acordo com seu peso máximo de decolagem:

Categoria A - pequenos monomotores pesando até 5.700 kg;

Categoria B - pequenos bimotores pesando até 5.700 kg;

Categoria C - aeronaves entre 5.700 e 136.000 kg;

Categoria D - aeronaves pesando mais de 136.000 kg.

Conhecendo a porcentagem de aeronaves em operação no aeroporto pertencentes a cada categoria, é possível identificar o “índice-mix” do aeroporto. Para tal, soma-se o triplo da porcentagem de aeronaves de categoria D em operação com a porcentagem de aeronaves de categoria C em operação:

$$\text{Índice-mix} = \%C + (3\%D)$$

II. Volume horário de operações de toque-arremetida – fator TA

Para aeroportos que possuem aproximações visuais, o método utiliza a quantidade de operações de toque-arremetida nestes aeroportos no período horário analisado (período analisado: hora-pico do dia-pico do mês-pico, maiores explicações na capítulo 4). Dependendo da porcentagem de tais operações e do índice-mix do aeroporto (vide sessão I), adota-se um fator de toque-arremetida para cálculo da

capacidade de tal sistema de pistas durante procedimentos visuais (fator TA). A tabela 1, abaixo, exemplifica tais procedimentos:

Tabela 1: Determinação do fator toque-arremetida (fator TA)

Porcentagem de operações toque-arremetida	Índice-Mix	Fator TA
0	Entre 0 e 180	1.00
Entre 1 e 10	Entre 0 e 70	1.02
Entre 11 e 20	Entre 0 e 70	1.04
Entre 21 e 30	Entre 0 e 40	1.08
Entre 31 e 40	Entre 0 e 10	1.13
Entre 41 e 50	Entre 0 e 10	1.17

Fonte: A/C 150/5060-5 (FAA, 1983).

III. Quantidade de saídas de pistas efetivas – fator S

De acordo com as diversas classes de índice-mix dos aeroportos determina-se uma região (*range*), a partir da cabeceira em operação, para análise da quantidade de saídas de pistas destes sistema. Um saída só pe considerada efetiva pelo modelo se sua localização for dentro desta área determinada pelo mix, e as saídas devem ser espaçadas por um mínimo de 750 pés (caso contrário são consideradas uma única saída). A tabela 2, abaixo, trás um exemplo de como tal quantidade de saídas (N) e a porcentagem de chegadas/partidas (pousos/decolagens) no período analisado (período analisado: hora-pico do dia-pico do mês-pico, maiores explicações na capítulo 4) determinam o fator saída (fator S).

Tabela 2: Determinação da quantidade de saídas efetivas (fator S)

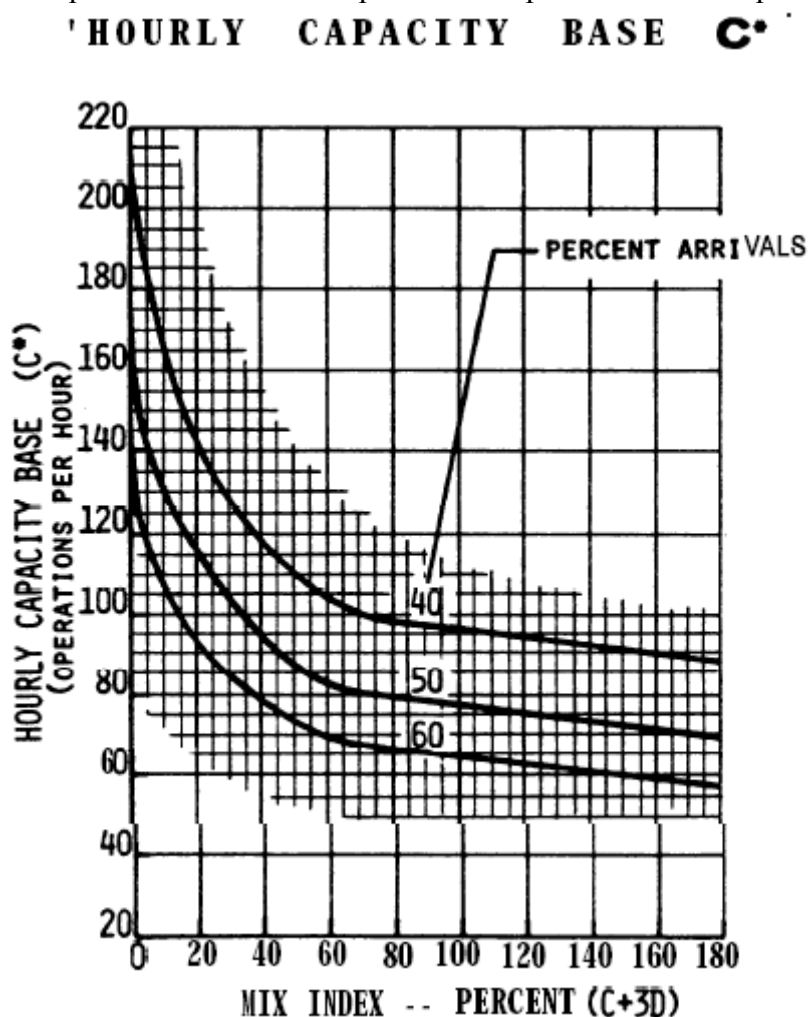
Índice-Mix	Range analisado, a partir da cabeceira em operação	Fator S								
		40% de chegadas			50% de chegadas			60% de chegadas		
De 0 a 20	De 2000 à 4000 pés	0,62	0,79	0,90	0,62	0,79	0,90	0,62	0,79	0,90
De 21 a 50	De 3000 à 5500 pés	0,72	0,83	0,93	0,72	0,83	0,91	0,72	0,83	0,93
De 51 a 80	De 3500 à 6500 pés	0,75	0,84	0,92	0,75	0,84	0,92	0,75	0,84	0,92
De 81 a 120	De 5000 à 7000 pés	0,80	0,87	0,94	0,80	0,87	0,94	0,80	0,87	0,94
De 121 a 180	De 5500 à 7500 pés	0,83	0,93	0,97	0,83	0,93	0,97	0,83	0,93	0,97

Fonte: A/C 150/5060-5 (FAA, 1983).

IV. Determinação da capacidade horária básica (C^*)

A modelagem fornece valores de capacidade horária básica (C^*), através de ábacos que variam conforme os diferentes tipos de design de pistas englobados pelo modelo (vide próxima sessão). Nestes ábacos, através do índice-mix, da porcentagem de chegadas/partidas (pousos/decolagens) do período analisado e do tipo de operação (visual ou instrumental) é possível obter-se a capacidade básica dos sistemas de pistas (vide figura 1 abaixo).

Figura 1: Exemplo de ábaco utilizado pelo modelo para cálculo de capacidade básica



Fonte: A/C 150/5060-5 (FAA, 1983).

V. Diferentes configurações e *design*, influenciando os ábacos utilizados para os itens II, III e IV

As tabelas e ábacos utilizados nas três sessões anteriores (sessões II, III e IV) variam de acordo com:

1. o *design* do sistema de pistas, exemplos: pista única, duas pistas paralelas com separação convencional entre eixos, duas pistas paralelas com separação reduzida entre eixos, duas pistas transversais, três pistas paralelas etc.
2. a *configuração* das operações, exemplos: pistas destinadas apenas para pousos, pistas destinadas apenas para decolagens, pistas destinadas para ambas as operações (pousos/decolagens).

A figura 2 abaixo exemplifica alguns dos *desings* e configurações abordados pelo modelo:

Figura 2: Exemplos de *designs* e configurações abordadas pelo modelo

Runway-Use Diagram	Dist. No.	Runway Spacing in Feet (ft)	Capacity No.				Runway-Use Diagram	Dist. No.	Runway Spacing in Feet (ft)	Capacity No.			
			For Capacity	For Delay	For Capacity	For Delay				For Capacity	For Delay		
	1	N/A	3-3	3-43	3-71	3-90		2	700 or more	3-1	3-11	3-72	3-91
	3	700 to 2499	3-5	3-34	3-73	3-91		4	2500 or more	3-5	3-35	3-73	3-92
	5	700 to 2499	3-7	3-34	3-75	3-91		6	2500 to 3399	3-8	3-37	3-75	3-93
	7	3400 or more	3-8	3-38	3-75	3-94		8	3400 or more	3-8	3-38	3-75	3-94
	9	700 to 2499	3-9	3-34	3-71	3-91		10	700 to 2499	3-9	3-34	3-71	3-91
	11	2500 to 3399	3-10	3-38	3-71	3-95		12	2500 to 3399	3-10	3-38	3-71	3-95
	13	3400 or more	3-10	3-41	3-71	3-96		13	3400 or more	3-10	3-41	3-71	3-96
	14	700 to 2499	3-11	3-32	3-76	3-97		14	700 to 2499	3-11	3-32	3-76	3-97
	15	2500 or more	3-11	3-35	3-76	3-98		15	2500 or more	3-11	3-35	3-76	3-98
	16	700 to 2499	3-12	3-32	3-77	3-97		16	700 to 2499	3-12	3-32	3-77	3-97
	17	2500 or more	3-12	3-35	3-77	3-98		17	2500 or more	3-12	3-35	3-77	3-98
	18	700 to 2499	3-13	3-34	3-78	3-100		18	700 to 2499	3-13	3-34	3-78	3-100
	19	2500 to 3399	3-13	3-37	3-78	3-95		19	2500 to 3399	3-13	3-37	3-78	3-95
	20	3400 or more	3-13	3-40	3-78	3-96		20	3400 or more	3-13	3-40	3-78	3-96
	21	700 to 2499	3-14	3-34	3-79	3-100		21	700 to 2499	3-14	3-34	3-79	3-100
	22	2500 to 3399	3-14	3-37	3-79	3-95		22	2500 to 3399	3-14	3-37	3-79	3-95
	23	3400 or more	3-14	3-40	3-79	3-100		23	3400 or more	3-14	3-40	3-79	3-100
	24	700 to 2499	3-15	3-32	3-79	3-107		24	700 to 2499	3-15	3-32	3-79	3-107
	25	2500 to 3399	3-15	3-35	3-80	3-99		25	2500 to 3399	3-15	3-35	3-80	3-99
	26	3400 or more	3-15	3-38	3-80	3-99		26	3400 or more	3-15	3-38	3-80	3-99
	27	700 to 2499	3-15	3-32	3-79	3-107		27	700 to 2499	3-15	3-32	3-79	3-107
	28	2500 to 3399	3-15	3-35	3-80	3-100		28	2500 to 3399	3-15	3-35	3-80	3-100
	29	3400 or more	3-15	3-38	3-80	3-100		29	3400 or more	3-15	3-38	3-80	3-100
	30	700 to 2499	3-16	3-34	3-81	3-95		30	700 to 2499	3-16	3-34	3-81	3-95
	31	2500 to 3399	3-16	3-37	3-81	3-95		31	2500 to 3399	3-16	3-37	3-81	3-95
	32	3400 or more	3-16	3-40	3-81	3-95		32	3400 or more	3-16	3-40	3-81	3-95
	33	700 to 2499	3-17	3-32	3-81	3-110		33	700 to 2499	3-17	3-32	3-81	3-110
	34	2500 to 3399	3-17	3-35	3-81	3-110		34	2500 to 3399	3-17	3-35	3-81	3-110
	35	3400 or more	3-17	3-38	3-81	3-110		35	3400 or more	3-17	3-38	3-81	3-110

LEGEND

- IDENTIFIES THAT THE RUNWAY IS USED FOR ARRIVALS
- IDENTIFIES THAT THE RUNWAY IS USED FOR DEPARTURE
- S IDENTIFIES A VARIABLE RUNWAY SPACING
- C IDENTIFIES A RUNWAY SPACING OF 700 TO 2499 FEET
- X.Y IDENTIFIES INTERSECTION DISTANCES
- ∠ IDENTIFIES THE ANGLE BETWEEN NONPARALLEL RUNWAYS
- N.A. MEANS NOT APPLICABLE
- < IDENTIFIES "LESS THAN"
- ≥ IDENTIFIES "GREATER THAN OR EQUAL TO"
- * SEE NOTES ITEM NO. 3

Fonte: A/C 150/5060-5 (FAA, 1983).

3. CÁLCULO DAS CAPACIDADES HORÁRIA E ANUAL

Através dos itens mencionados nas sessões do capítulo anterior (capítulo 2) é possível calcular as capacidades horárias para procedimentos visuais e instrumentais dos sistemas de pistas multiplicando a capacidade básica (vide item IV do capítulo 2) pelos fator de toque-arremetida (fator TA, vide sessão II do capítulo 2) e fator saídas (fator S, vide sessão III do capítulo 2):

$$CapacidadeHoraria = C * \times T \times E$$

Por fim, através das capacidade horária, pondera-se o valor obtido pela quantidade de procedimentos visuais e instrumentais, determinando a capacidade de todo o sistema de pistas (Cw).

Para o cálculo da capacidade anual, utiliza-se os índices Y e X fornecidos pelo modelo, de acordo com o índice-mix e da porcentagem de operações de toque-arremetida em cada aeroporto, vide tabela 3 abaixo.

Tabela 3: Índices X e Y para determinação da capacidade anual

Índice-Mix	Porcentagem de operações toque-arremetida	X	Y
Entre 0 e 20	Entre 0 e 50	290	9
Entre 21 e 50	Entre 0 e 40	300	10
Entre 51 e 80	Entre 0 e 20	310	11
Entre 81 e 120	0	320	12
Entre 121 e 180	0	350	14

Fonte: A/C 150/5060-5 (FAA, 1983).

Assim, através da fórmula abaixo (e dos valores da tabela 3 acima e da capacidade horária ponderada Cw), calcula-se os valores de capacidade para Volume de Serviço Anual (VSA):

$$VSA = (Cw \times Y) \times X$$

4. PERÍODO ANALISADO: CONCEITO DE HORA-PICO PARA E IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS

Buscando evitar a condução de análises considerando picos atípicos à atual demanda dos aeroportos, utilizou-se o conceito de hora-pico do dia-pico do mês-pico. Os gráficos e tabelas em anexo à este documento (anexos I) comparam os índices de movimentação na hora-pico do dia médio do mês-pico (destacado com círculo) e hora-pico do dia-pico do mês-pico (destacado com retângulo), para os aeroportos de São/Paulo Guarulhos e São/Paulo Congonhas (período analisado: de janeiro de 2008 à fevereiro de 2009). É possível observar que a hora-pico do dia-pico do mês-pico está sempre razoavelmente próxima da hora-pico total (hora-pico de todo o período analisado), porém destacando-se destes picos atípicos extremos que poderiam levar a

conclusões equivocadas. Este foi o conceito aplicado para identificação de gargalos, confrontando tal utilização na hora-pico do dia-pico do mês-pico com a capacidade informada pela aplicação do método FAA descrito acima (A/C 150/5060-5).

5. ALGUNS PONTOS DESCONSIDERADOS PELA MODELAGEM

Aqui constam alguns pontos deprezados pelo modelo FAA utilizado para cálculo dos sistemas de pistas dos aeroportos (A/C 150/5060-5):

1. Questões referentes à espaço aéreo e restrições na capacidade dos sistemas de pistas provocadas pelo tráfego de aeroportos próximos (regiões de múltiplos aeroportos).
2. Inexistência de saídas de fim de pista.
3. Inexistência de taxiways paralelas às pistas cobrindo toda sua extensão.
4. Não são consideradas características das saídas (como a distinção entre saídas rápidas ou 90 graus).
5. Não são consideradas distâncias entre o sistema de pistas e o pátio.