CAPACIDADE DE PISTA DINÂMICA: FATORES A SEREM CONSIDERADOS NA METODOLOGIA BRASILEIRA

James Gomes Lima
Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo – CINDACTA I

jamesjgl@fab.mil.br

PAPER ID: SIT2233

RESUMO

O Sistema de Pistas constitui um dos componentes da Infraestrutura Aeroportuária de relevância na determinação da viabilidade operacional de um aeroporto, no número de operações que o aeródromo poderá suportar sem trazer impactos aos setores de controle de tráfego aéreo; além de representar importante elemento definidor do acesso de companhias aéreas ao mercado aeroportuário brasileiro. A capacidade do sistema de pistas possui distinção ímpar no campo das Relações Internacionais, agregando algumas de suas teorias e realçando o papel do Brasil como principal protagonista na eficiência da Aviação Civil, perante outros membros da Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO). Ademais, diante do processo de concessões de alguns aeroportos, ditado pelo governo brasileiro, buscando o uso eficiente da infraestrutura aeroportuária e a competitividade do mercado aeroportuário, o incremento da capacidade de pista não deve ser encarado tão somente sob a ótica do ente privado e do lucro advindo das operações extras através da absorção de mais companhias aéreas, mas também como política pública. Ocorre que a possibilidade de majoração da Capacidade do Sistema de Pista tem sido fórum de debates incessantes, questiona-se se alguns dos aspectos da metodologia atualmente empregada têm sido um dos fatores restritivos ao ingresso ao mercado aeroportuário brasileiro. Busca-se por meio deste trabalho contextualizar o leitor acerca da metodologia brasileira da capacidade de pista e dos aspectos considerados na metodologia européia e americana sobre o assunto.

Palavras-chave: Capacidade de Pista. Mercado Aeroportuário. Metodologia da Capacidade de Pista.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é enumerar aspectos a serem considerados no cálculo da capacidade do sistema de pistas, que permitam o atendimento da demanda variável por um determinado tipo de operação – pouso ou decolagem – nos aeroportos brasileiros, seja diante da perspectiva de crescimento da demanda pelo transporte aéreo, seja em momentos de crises no setor que provoca a concentração de voos em horários mais específicos. Neste sentido, busca-se lançar luz ao leitor acerca da metodologia brasileira da capacidade do sistema de pista, conforme o Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 100-14 e, indicar aspectos considerados nas metodologias européia e americana de capacidade de pista.

Utilizaremos a partir daqui o termo pista ou sistema de pistas como "área retangular definida em um aeródromo em terra, preparada para pousos e decolagens de aeronaves" (AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, 2012, p. 12).

O Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (CGNA) é a Organização Militar subordinada ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) que tem por missão: "a harmonização do gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo e das demais atividades relacionadas com a navegação aérea, proporcionando a gestão operacional das ações correntes dos processos de Gerenciamento do Tráfego Aéreo (ATM) e de infraestrutura relacionada, visando à suficiência e à qualidade dos serviços prestados no âmbito do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB)". (BRASIL, 2017).

De competência do CGNA incluem várias medidas com impacto direto na Circulação Aérea Geral (CAG), isto é, aviação comercial e aviação geral. Desta forma, monitoramento de inoperâncias dos auxílios à navegação aérea, gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo, gerenciamento do espaço aéreo, análise de intenções dos voos comerciais, análise de impactos à CAG por conta de grandes eventos, cálculo da capacidade pista e de setores do espaço aéreo, processo de decisão colaborativa com participação de representantes de companhias aéreas e da administração aeroportuária, entre outros são algumas das ações empregadas por esta importante Organização do SISCEAB com o intuito de manter o fluxo de tráfego aéreo seguro, ordenado e eficiente.

Entre os desafios enfrentados pelo CGNA está o cálculo da capacidade de pista, que representa o número de operações de pouso e de decolagem por hora suportável em um determinado aeroporto do país que leva em consideração a capacidade dos setores do espaço aéreo, principalmente a dos setores de aproximação e de decolagem.

2. METODOLOGIA BRASILEIRA DE CAPACIDADE DE PISTA

O Manual do Comando da Aeronáutica (MCA)100-14 prevê que a metodologia aplicável para o cálculo da capacidade do sistema de pista de qualquer aeródromo no país deve levar em consideração que a cada duas operações de pouso há uma decolagem, desta forma há o equilíbrio entre as operações, de forma que 50% das operações serão de pouso e os outros 50% das operações, de decolagem. Aliado ao balanceamento entre pousos e decolagens, a capacidade de pista praticada em geral está limitada a 80% da capacidade horária máxima de um aeroporto. Os 20% restantes estão reservados às demandas táticas, com parâmetros imprevisíveis, como o atendimento a voos alternados e possíveis contingências tais como: condições meteorológicas adversas no aeroporto de destino, voos de emergência; além de voos da aviação geral e voos militares.

A premissa supracitada, chamada de Capacidade Teórica de Pista, admite uma capacidade do sistema de pista máxima única durante toda a operação em um aeródromo, não fazendo a distinção na vocação do aeroporto, além da tendência em determinados horários de maior número de operação de pouso ou de decolagem, isto é, desequilíbrio entre as operações.

Verifica-se que o valor da capacidade de pista serve de subsídio para vários setores dentro do CGNA e fora deste Centro, com impactos diretos inclusive na viabilidade operacional do aeroporto. É a capacidade de pista que indicará se um aeroporto está saturado ou não, isto é, operando além dos seus limites da infraestrutura disponível; impactará diretamente no espaço aéreo; determinará a aprovação de solicitações de

mais voos de companhias aéreas em um aeroporto; constituirá elemento de decisão durante a operação tática se determinado voo sofrerá medidas de gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo, entre outras ações. A capacidade do sistema de pista constitui um dos parâmetros adotados pela ANAC para aprovação do acesso de companhias aéreas estrangeiras no território brasileiro por ocasião da Conferência de *Slots*. Esta representa o maior evento da IATA, ambiente que congrega companhias aéreas associadas e não associadas em todo o mundo, cuja finalidade é proporcionar fórum para a alocação de faixas horárias (*slots*) nos aeroportos inteiramente coordenados, além da obtenção de consenso nos ajustes de horários necessários em conformidade com as limitações de capacidade dos aeroportos.

Ocorre que a distribuição entre pousos e decolagens possui comportamento irregular de acordo com o horário de operação de um aeroporto, um exemplo no aeroporto de Guarulhos, o mais movimentado do país em termos de voos internacionais, verifica-se pela manhã um grande fluxo de pousos de aeronaves oriundos da América do Norte, da América do Sul e da Europa, que exigiria mais emprego da infraestrutura aeroportuária para as operações de pouso do que de decolagem; o movimento contrário comprova-se no horário noturno. Admitir uma distribuição igual entre pousos e decolagens no aeroporto seria aceitar que o comportamento da demanda para determinado aeroporto é a mesma em todo o seu horário de funcionamento.

Pretende-se aqui introduzir um conceito até então novo no Brasil, mas reconhecido pela Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO), dentro das suas recomendações dirigidas aos seus Estados membros. Passaremos a adotar o conceito de **Capacidade de Pista Dinâmica**, como aquela que propicia a adaptação da capacidade à demanda prevista para alguns horários e que permite variarmos a relação entre o número de operações de pouso ou de decolagem além da distribuição equânime, dentro da concepção ampla de manutenção da segurança operacional.

O tema em tela tem sua importância, primeiramente por repercutir diretamente em resultados práticos, diante da nova realidade de incremento da demanda em horários específicos na operação de um aeródromo. Ademais, essas ações corroboram com o aumento no acesso ao mercado aeroportuário brasileiro, o que reflete em ganhos em termo econômico e em reforço da relação do Brasil com os diversos atores transnacionais.

A concepção da Capacidade de Pista Dinâmica não tem o condão de negar a metodologia atualmente aplicada, mas a esse entendimento acrescenta um novo olhar, diante da necessidade de atendimento à demanda e uso eficiente da infraestrutura disponível. Busca-se promover assim o desenvolvimento do setor de aviação civil, fundamental para o desenvolvimento econômico e social do país e importante no atendimento às necessidades complementares do setor aeroportuário.

3. ASPECTOS CONSIDERADOS NA METODOLOGIA BRASILEIRA DE CAPACIDADE DE PISTA

Quanto ao método de cálculo da capacidade de pista, previsto no MCA 100-14, assume-se o preceito de uma operação de decolagem entre dois pousos consecutivos, mantendo os mínimos de separação regulamentar definidos no ICA 100-37 (Serviços de Tráfego Aéreo). A capacidade da pista é estimada para um intervalo de 60 minutos em função dos tempos médios de ocupação das pistas.

Segundo o MCA 100-14, para determinar a capacidade do conjunto de pistas, os seguintes aspectos devem ser considerados: Fatores de planejamento e Fatores relacionados às operações de pouso e decolagem.

E continua: […]“Os fatores de planejamento são elementos utilizados para a simplificação dos modelos matemáticos, ou dos aspectos operacionais, que influenciam na determinação da capacidade do sistema de pistas. Os mais comuns aplicados são: a) Condições ideais de seqüenciamento e coordenação do tráfego aéreo; b) Considera-se que todo o pessoal tem o mesmo treinamento e o mesmo desempenho operacional; c) Todos os auxílios à navegação e auxílios visuais são considerados tecnicamente e operacionalmente sem restrições; e d) Todos os equipamentos de comunicação (VHF / telefonia) considerados operacionais estão operando normalmente”. (BRASIL, 2015, p. 13)

O MCA 100-14 elenca os seguintes fatores relacionados às operações de pouso e decolagem: a) Tempo médio de ocupação da pista; b) *Mix* de aeronaves; c) Percentual de utilização das cabeceiras; d) Comprimento do segmento de aproximação final; e) Separação mínima regulamentar de aeronaves; f) Velocidade de aproximação final; e g) Utilização ou não de equipamento radar. (BRASIL, 2015, p. 13)

4. ASPECTOS CONSIDERADOS NA METODOLOGIA EUROPÉIA DE CAPACIDADE DE PISTA

A capacidade de pista na Europa é conduzida pela Unidade Aeroporto do EUROCONTROL como parte do suporte dado pelo *Network Manager* este, por seu turno, é responsável pelo gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo, gerenciamento do risco e contingências, relatório e análise pós-operacional, dentre outros serviços prestados a 43 países, com o objetivo de conduzir gerenciamento de tráfego aéreo europeu e de promover o conceito *Single European Sky*, isto é, Céu Único Europeu.

A diretriz para cálculo da capacidade de pista aplicada na Europa está consubstanciada no Manual de Metodologia de Avaliação da Capacidade de Pista (ACAM *Manual*), que declara não haver um método único de determinação da capacidade de pista, desde que leve em consideração todos fatores relevantes em sua avaliação, incluindo "impactos ambientais, resiliência, fatores comerciais e fatores econômicos" (*Network Manager*, 2016, p. 1). O que nos permite inferir que, muito embora haja um guia único, fatores de ordem local podem interferir na metodologia de capacidade de pista empregada.

O ACAM Manual define, de modo geral, capacidade como o "número máximo de movimentos sustentado por unidade de tempo que pode ser aceito durante fatores diferentes de capacidade local" (NETWORK MANAGER, 2016, p. 9, tradução nossa). Porém, dados os benefícios distintos advindos do cálculo da capacidade de pista às partes interessadas e, buscando evitar possíveis más interpretações, o Network Manager estabeleceu três diferentes definições de capacidade em função do tempo, são elas: Capacidade Estrutural – Estratégia Macro; Capacidade Planejada – Estratégica e Capacidade Operacional – Pré-tática.

A Capacidade Estrutural é "centrada nas necessidades de um aeroporto para determinar o que a infraestrutura é capaz, em princípio, e se deveria ou quando deverá iniciar o processo de atualizações de infraestrutura e, portanto, está no horizonte de tempo plurianual" (NETWORK MANAGER, 2016, p.14, tradução nossa), normalmente compreende um horizonte de 2 a 5 anos e, "desconsidera certas restrições que são difíceis de estimar em horizontes de longo prazo no futuro" (NETWORK MANAGER, 2016, p.14, tradução nossa).

Capacidade Planejada, não diferente da concepção brasileira, é calculada em princípio antes do processo de distribuição de slots a cargo da IATA, durante as Conferências de Slots, ocorridas duas vezes ao ano, para a definição da demanda para os principais aeroportos, normalmente os mais congestionados, nas temporadas verão e inverno do hemisfério norte. Esta capacidade deve ser verificada principalmente pelos aeroportos coordenados, isto é, aqueles em que todos os horários de operações são planejados através de uma demanda conhecida, e previamente definida através de acordos entre AAL, companhias aéreas e autoridades da aviação civil com a distribuição de slots. Esta capacidade abrange um horizonte de cerca de 18 meses antes das respectivas temporadas e, servem de dados de demanda a serem considerados nos planejamentos estratégicos e pré-táticos de gerenciamento de fluxo.

E, finalmente, a Capacidade Operacional que representa:[...]"a avaliação de capacidade mais detalhada realizada no dia antes e no dia das operações. Seu objetivo é integrar as últimas informações detalhadas de restrição para atualizar os valores de capacidade. É usado por todos os aeroportos para refinar quaisquer planos de balanceamento de demanda identificados ou planos de contingência. A Capacidade Operacional também é um dado crítico dentro da fase tática de processo de gerenciamento de fluxo" (NETWORK MANAGER, 2016, p. 15, tradução nossa).

A Capacidade Operacional foi acrescentada na última versão do Doc 9971, a terceira edição de 2018, que assim assevera: "Além das

capacidades declaradas para aeroportos e espaços aéreos (e a capacidade associada ao processo estratégico de slot aeroportuário), os serviços de ATFM exigem conhecimento da capacidade operacional. A capacidade operacional é a capacidade esperada associada à situação tática no aeroporto ou no espaço aéreo. Fatores dinâmicos, incluindo meteorológicos condições, status do CNS, combinação de frota e pessoal podem resultar em uma capacidade operacional inferior à capacidade declarada. As soluções ATFM (ver Parte II, Capítulo 4) baseiam-se na capacidade operacional dinâmica esperada" (INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2018, p. II-3-2, tradução nossa).

O que explica de certa maneira o alcance dos objetivos deste trabalho e seu alinhamento aos objetivos vislumbrados pela ICAO.

5. ASPECTOS CONSIDERADOS NA METODOLOGIA AMERICANA DE CAPACIDADE DE PISTA

A FAA é a agência americana responsável por regular, conceder licenças e certificados, fomentar pesquisas e prover treinamentos em todos os aspectos aos usuários da aviação civil nos Estados Unidos.

A metodologia americana acerca da capacidade de pista é descrita na Advisory Circular (AC) 150/5060-5, Capacidade Aeroportuária e Atraso, que, ao que consta em seu próprio documento, segue em sua última versão de 1995 pode, portanto, estar em descompasso com alguns dos últimos conceitos e técnicas aplicados na aviação (NETWORK MANAGER, 2016, pag. 17). Contudo, dada a necessidade de atualização da capacidade aeroportuária, com as novas tendências do ramo, técnicas de modelagem aprimoradas e novas pistas que têm sido adicionadas ao sistema americano, a FAA emitiu em 2014 a última atualização do Airport Capacity Benchmark Report (Relatório de Referência de Capacidade Aeroportuária) que, constitui um relatório de referência em termos de capacidade aeroportuária, como parte do esforço daquela Agência para avaliar as características de capacidade dos aeroportos mais movimentados do país. Este Relatório alerta que métodos mais sofisticados de avaliação de capacidade estão sendo utilizados pela FAA, de tal forma que a AC, muito embora seja uma fonte primária usada para calcular capacidade para todos os tipos de aeroportos, ela é somente uma orientação formal no assunto.

A metodologia padrão e que serve como ponto de partida na determinação da capacidade aeroportuária e descrita na AC 150/5060-5, conta com o layout mais comum observados nos aeroportos americanos (ao todo são apresentadas 19 configurações de pistas); busca-se através deste método, conhecido como Tabelas de Consulta, que os planejadores de aeroportos escolham uma ou mais tabelas de consulta que combinam melhor com o layout de pista do aeroporto em estudo (Figura 1).

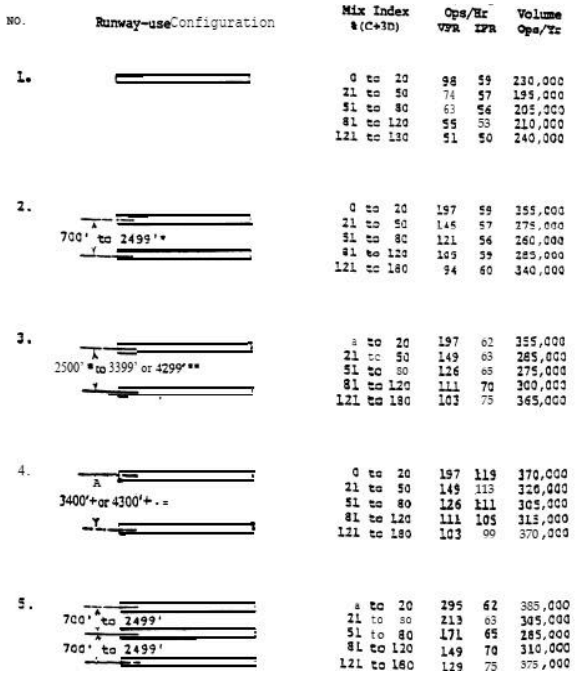


Figura 1 - Capacidade conforme alguns exemplos de configuração do sistema de pistas. **Fonte:** Federal Aviation Administration (1995)

Um outro método apresentado na AC e mais refinado que o anterior, baseia-se em cartas, nomógrafos e planilhas, indicado para aeroportos menores, com configurações de pista simples. Este método apresenta a capacidade estimada para 43 configurações de pista e combinações meteorológicas representativos dos principais aeroportos americanos. A capacidade horária é obtida da fórmula:

Capacidade de Pista = C* x T x E, onde "C*" é a capacidade horária base, "T" representa a

porcentagem de toques e arremetidas durante operação IFR e VFR e, “E” caracteriza o fator de saída, isto é, a localização das taxiways de saída, medida da cabeceira à aproximação final da pista.

Segundo Leighfisher (2012, p. 35, tradução nossa) “para calcular a capacidade de pista por hora, este método requer a seleção da melhor representação das configurações de teto, visibilidade a partir de um diagrama de várias configurações de uso de pista. O usuário deve então encontrar os gráficos ou nomógrafos correspondentes para o caso selecionado”. A figura 2 ilustra a aplicação do método para determinada pista e condição meteorológica.

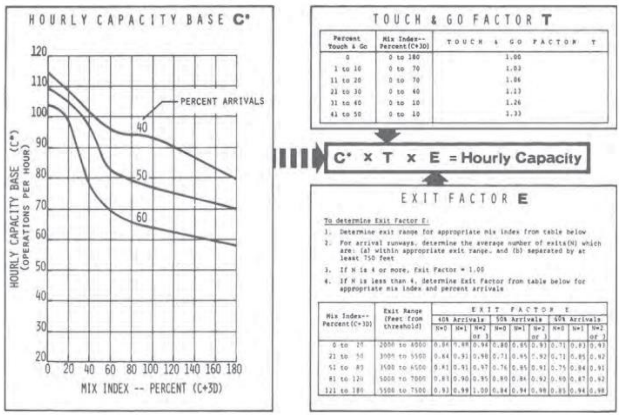


Figura 2 - Método cartas/namógrafos. **Fonte:** Federal Aviation Administration (1995)

Verifica-se que a metodologia norte-americana se baseia em uma grande quantidade de dados estatísticos coletados por muitos anos, proporcionando um desempenho muito bom em cenários americanos em termos de capacidade teórica e atual.

A AC dedica capítulo especial para apresentar outros métodos aprimorados a partir de modelos de simulação computacional para cálculo da capacidade de pista e de atrasos médio por aeronave, são eles: SIMMOD (Airport and Airspace Simulation Model); ADSIM (Airfield Delay Simulation Model) e ACM (Airfield Capacity Model). Vários outros métodos mais sofisticados foram desenvolvidos e são aplicados para o cálculo da capacidade de pista a partir de inúmeras variáveis de entrada como: performance de aeronaves, fatores humanos, geometria do sistema de pista, requisitos de separação entre aeronaves, dentre outras.

6. QUADRO COMPARATIVO

As características de cada metodologia são apresentadas a seguir:

Tabela 1 - Metodologias de Capacidade de Pista

Metodologia	Órgão ATM	Órgão ATFM	Norma	Métodos de cálculo da Capacidade de Pista
Europeia	EUROCONTROL	NMOC	ACAM Manual	Dados históricos de performance; Modelos analíticos e planilhas; modelos baseados em simulação
Americana	FAA	ATCSCC	AC 150/50 60-5	Tabelas de Consulta; Métodos de cartas/mamógrafos; Modelos de simulação (SIMMOD, ADSIM e ACM)
Brasileira	DECEA	CGNA	MCA 100-14	Modelos analíticos e planilhas

7. CONCLUSÃO

A análise conjugada das metodologias de capacidade de pista empregadas pela EUROCONTROL e FAA permite-nos estabelecer critérios que poderão ser considerados na metodologia brasileira potentes a estebelecer a capacidade de pista dinâmica para os aeroportos do país.

Assim, o conceito de capacidade teórica de pista inviabilizado em avaliar o cenário operacional apresentado como, por exemplo, a meteorologia desfavorável, pode acrescentar conceitos como a capacidade operacional, uma vez que esta busca integrar as últimas informações detalhadas de restrição para atualizar os valores de capacidade, consequentemente há a possibilidade de refinar quaisquer planos de balanceamento de demanda identificados ou planos de contingência, o que alinha para os critérios empregados na metodologia européia.

Ademais, a definição dos índices de atrasos úteis para o estabelecimento da capacidade de pista nos horários mais congestionados pode ser útil. Neste caso, inclina-se para o conceito de capacidade de pista mais próxima ao adotado na metodologia americana: “medida da capacidade prática definida como número máximo de operações que resulta em um atraso médio máximo especificado” (LEIGHFISHER, 2012, p. 3, tradução nossa). Desse modo, teremos uma capacidade para planejamento aeroportuário e de política estratégica de Estado, outra aplicáveis às *Slot Conferences* e uma outra, sujeita às mudanças dinâmicas táticas, ao que a ICAO e o método europeu definem como Capacidade Operacional.

Vislumbra-se a aplicação da capacidade de pista dinâmica associada aos efeitos dinâmicos verificados durante a operação tática de um aeroporto. Assim, ganha relevo a influência na capacidade de pista das condições meteorológicas durante a operação de um aeroporto; do fator humano associada à habilidade dos controladores de voo e dos pilotos na redução do tempo de ocupação de pista; do monitoramento constante por parte da Administração Aeroportuária e dos gerentes de fluxo de tráfego aéreo quanto à precisão dos estimados de calços fora, fruto da decisão conjunta em processo de tomada de decisão a nível de aeroportos (A-CDM).

8. REFERÊNCIAS

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA n° 78/DGCEA, de 23 de março de 2015. Aprova a reedição do MCA 100-14, Manual que trata da “Capacidade do Sistema de Pistas”. Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, n. 070, de 15 de abril de 2015.

FEDERAL AVIATION DMINISTRATION. Airport capacity and delay. Advisory Circular. AC 150/5060-5, 1995.

FEDERAL AVIATION DMINISTRATION. Airport Capacity Benchmark Report 2004. Disponível em: http://www.faa.gov/airports/planning_capacity/profiles.

ICAO. Manual on Collaborative Air Traffic Flow Management. Doc. 9971. Montreal, Third Edition, 2018.

LEIGHFISHER, F. et al. Evaluating Airfield Capacity. Washington D.C. Transportation Research Board, 2012.

NETWORK MANAGER. ATFCM Users Manual. Brussels, EUROCONTROL. Edition 23.0, 2019.

NETWORK MANAGER. Airport Capacity Assessment Metodology – ACAM Manual. Brussels, EUROCONTROL. Edition 1.1, 2016.