

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A DETERMINAÇÃO DO PCN E PCR NA AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS

Cecília Catarina Oliveira de Castro
Francisco Heber Lacerda de Oliveira

Universidade Federal do Ceará
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes

RESUMO

Este relatório apresenta uma análise comparativa entre o método vigente de avaliação estrutural de pavimentos aeroportuários, ACN/PCN (*Aircraft Classification Number/Pavement Classification Number*), e o que será implantado, ACR/PCR (*Aircraft Classification Rating/Pavement Classification Rating*). Este adotará um procedimento mecanístico-empírico baseado na *Multi-Layer Linear Elastic Analysis*, e não utilizará o parâmetro CBR, como ocorre no método vigente. Isso pode otimizar a utilização do pavimento a partir da coerência do método de avaliação estrutural com o de dimensionamento, permitindo uma melhor previsão da vida útil e evitando que uma falha inesperada afete a segurança operacional do aeródromo. A pesquisa avaliará diferentes pavimentos, por meio dos dois métodos, para verificar a mudança das metodologias e os impactos na vida útil e gerência dos pavimentos. Os resultados sugerem que o método ACN/PCN superestima a vida útil do pavimento, se comparado ao método ACR/PCR.

1. PROPOSTA DA PESQUISA

O Método ACN/PCN (*Aircraft Classification Number/Pavement Classification Number*), cuja finalidade é avaliar a admissibilidade de operação de uma aeronave em um determinado pavimento aeroportuário, do ponto de vista estrutural, foi instituído pela *International Civil Aviation Organization* (ICAO) em 1983, e ainda continua em vigor. Apesar da introdução de aeronaves mais exigentes ao longo do desenvolvimento da indústria do transporte aéreo, com carga de rodas mais elevadas e maiores pressões nos pneus, induzindo as superfícies dos pavimentos a serem submetidas a maiores tensões, o sistema de classificação de resistência do pavimento não foi atualizado significativamente desde sua implantação (White, 2016).

Em 2018, foi sugerido pela *Federal Aviation Administration* (FAA) a substituição do método ACN/PCN pelo ACR/PCR (*Aircraft Classification Rating/Pavement Classification Rating*). Este incorporará adotará um procedimento mecanístico-empírico baseado na *Multi-Layer Linear Elastic Analysis* (ML²EA). A ICAO prevê que o Método ACR-PCR comece a ser utilizado ainda em 2020 e que seja totalmente implementado em 2024 (Fabre, 2018).

A mudança do procedimento de classificação de resistências dos pavimentos aeroportuários gera muitos questionamentos para a comunidade técnica, operadores de aeródromos e empresas aéreas acerca das diferenças dos dados de entrada, da forma de análise dos dados, do resultado dos métodos, das vantagens e das limitações ainda remanescentes. Dessa forma, esta pesquisa tem como finalidade analisar a mudança das metodologias de determinação do PCN e do PCR na avaliação estrutural e na vida útil dos pavimentos aeroportuários.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No Método ACN/PCN, o ACN expressa o efeito da aeronave em um pavimento por um único número que varia de acordo com a carga total da aeronave, a pressão dos pneus, o tipo de pavimento (rígido ou flexível) e da resistência do subleito (alta, média, baixa e ultrabaixa). O PCN, por sua vez, indica a capacidade de carga de um pavimento, sem determinar uma aeronave específica ou maiores informações acerca da estrutura do pavimento (ANAC, 2016).

O método possui dois elementos. O primeiro, que faz uma comparação numérica do valor de ACN e PCN, visa evitar falhas no subleito; o segundo, que objetiva proteger a superfície, compara a pressão dos pneus das aeronaves com limite atribuído pelo operador do aeródromo e não considera as cargas de roda. Dessa forma, duas aeronaves com carga de roda distintas, podem apresentar uma mesma pressão de pneus, e serem consideradas iguais em termos de exigência para operação no pavimento. Contudo, esse julgamento não é adequado, uma vez aeronaves com maiores cargas de rodas geram uma maior tensão de cisalhamento na superfície, exigindo, portanto, maior capacidade estrutural do pavimento (White, 2016).

Conforme ANAC (2016), o PCN pode ser calculado a partir de dois métodos: experimental ou de avaliação técnica. No primeiro, o valor de PCN consiste no maior valor de ACN entre as aeronaves que operam no aeroporto. No segundo, obtém-se o valor de PCN a partir da determinação da carga bruta admissível no pavimento. São considerados aspectos como frequência de operações e níveis de tensão admissíveis, sendo a carga bruta da aeronave obtida pelo processo inverso do dimensionamento. Contudo, a maioria dos proprietários optar por utilizar o ACN mais alto de todas as aeronaves da frota de tráfego de projeto, independentemente de processos mais formais estarem disponíveis (White, 2016).

Segundo Fabre e Vaurs (2017), o novo método ACR/PCR mantém a praticidade do método anterior que compara dois números. Somente a maneira de determinar esses valores será modificada, incorporando um procedimento mecanístico-empírico, baseado na ML²EA. De acordo com Fabre (2018), essa abordagem permite quantificar a contribuição máxima de cada aeronave que compõe o *mix* de aeronaves e os danos máximos produzidos por todo o tráfego através do conceito de *Cumulated Damage Factor* (CDF). No método vigente, a metodologia usada para o cálculo do CDF converte o tráfego de cada aeronave em um número de coberturas da aeronave crítica do *mix* (FAA, 2014).

3. MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa será realizada nas pistas de pouso e decolagem dos seguintes aeródromos: Aeroporto Hercílio Luz (Florianópolis/SC); Aeroporto Maestro Marinho Franco (Rondonópolis/MT); Aeroporto Pinto Martins (Fortaleza/CE); e Aeroporto Orlando Bezerra de Menezes (Juazeiro do Norte/CE). Será comparado, para diferentes estruturas de pavimentos, o valor de PCN e o de PCR. O primeiro valor, será determinado por meio do *software* COMFAA; o segundo, com o auxílio do *software* ALIZÉ-LCPC, conforme procedimento adotado por Fabre e Vaurs (2017), e por Fabre (2018). As informações necessárias, como tipo materiais constituintes dos pavimentos, espessuras das camadas, Módulo de Elasticidade, coeficiente de Poisson e *mix* de aeronaves serão obtidas junto à Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária da Agência Nacional de Aviação Civil (SIA/ANAC).

Caso os Módulos de Elasticidade (E) não estejam disponíveis, será utilizado o *software* de retroanálise BackFAA para obtenção deles, ou esses serão estimados a partir de modelos matemáticos que correlacionam o CBR (*California Bearing Ratio*) e o Módulo de Resiliência, como o da AASHTO (1993), na Equação 1:

$$MR = CBR \times 10,34 \quad (1)$$

Os valores de ACN e ACR serão obtidos com o auxílio, respectivamente, dos *softwares* ICAO-ACN 1.0 e ICAO-ACR 1.3, disponibilizados pela FAA. Em seguida, será avaliada a admissibilidade de operações de um determinado pavimento para um certo tráfego, com base

nos métodos ACN/PCN e o ACR/PCR, a fim de verificar se aeronaves anteriormente permitidas terão suas operações restritas com a implantação do novo método. Também será calculada a vida útil dos pavimentos analisados, bem como o CDF do subleito e da superfície, se eles forem regidos pelos métodos ACN/PCN e ACR/PCR, com o auxílio do *software* FAARFIELD.

Para que o valor de PCN seja considerado válido, ANAC (2020) recomenda que o CDF da estrutura esteja entre 0,15 e 1,0; caso contrário, devem ser feitas algumas alterações no tráfego ou na estrutura até o valor estar compreendido entre esse intervalo. Dessa forma, em casos em que sejam necessários modificar a estrutura analisada, para que a comparação entre os métodos esteja bem nivelada, a mesma estrutura modificada será utilizada para o cálculo do PCR, e não a estrutura original do aeródromo.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Para obtenção dos resultados preliminares, as primeiras pistas de pouso e decolagem analisadas foram as do Hercílio Luz e do Maestro Marinho Franco. Nos dois aeródromos, foram modificadas as estruturas conforme ANAC (2020), pois o valor do CDF das estruturas originais eram 0, tornando os resultados gerados não-realistas. Assim, as composições das estruturas consideradas para o cálculo de PCN e PCR são exibidas na Tabela 1.

Tabela 1: Composição estrutural das pistas de pouso e decolagem dos aeroportos Hercílio Luz e Maestro Marinho Franco

Camada	Espessura (cm)		Coeficiente de Poisson	Módulo de Elasticidade (Mpa)	
	Hercílio Luz	Maestro Marinho Franco		Hercílio Luz	Maestro Marinho Franco
Camada Asfáltica	30	11	0,30	1500	1450
Brita Graduada Simples	15	35,5	0,35	250	149,2
Subleito (CBR = 13%)	Indefinido	Indefinido	0,40	134,42	134,42

A partir das estruturas apresentadas nas Tabela 1, foram calculados os valores de PCN, PCR, CDF e vida útil, em anos. Os resultados são exibidos na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados preliminares sobre a estrutura da pista de pouso e decolagem dos aeroportos Hercílio Luz e Maestro Marinho Franco

	Método ACN – PCN			Método ACR – PCR	
	Hercílio Luz	Maestro Marinho Franco		Hercílio Luz	Maestro Marinho Franco
PCN	77/F/A/X/T	44/F/A/X/T	PCR	601/F/B/X/T	312/F/B/X/T
CDF	0,1581	0,165	CDF	2,46	1,53
Vida útil (anos)	126,5	121,21	Vida útil (anos)	8,13	13,04
Aeronave de maior ACN do Mix	Airbus 350-900 (ACN = 65)	Boeing B 737 700/700C (ACN = 36)	Aeronave de maior ACR do Mix	Airbus 350-900 (ACR = 674)	Boeing B 737 700/700C (ACR = 348)

Observa-se que o valor do PCR tem ordem de grandeza maior que o PCN, isso tem o objetivo de evitar que a origem da metodologia que gerou os resultados seja confundida. Observa-se,

também, que o CDF das estruturas dos dois aeródromos, que no Método ACN-PCN apresentam-se próximos de 0,15, elevam-se a valores superiores a 1,0 quando calculados pelo Método ACR-PCR, ambos para um período de análise de 20 anos. Isso indica que uma mesma estrutura validada pelo primeiro método estaria em colapso se analisada pelo segundo. Essa diferença resulta do fato do cálculo do CDF ser diferente nos dois métodos, o que reflete também na diferença na vida útil sugerida por cada um.

Identifica-se que o Método ACR-PCR sugere a mudança de permissibilidade de operações de aeronaves. Dessa forma, aeronaves como o Airbus 350-900, no caso do Aeroporto Hercílio Luz, e o Boeing 737-700/700C, no caso do Aeroporto Maestro Marinho Franco, por exemplo, teriam suas operações restringidas por apresentarem valores de ACR maior que o PCR.

5. CONCLUSÕES PRELIMINARES

Os resultados foram obtidos por meio do *software* ALIZÉ-LCPC, conforme procedimento adotado por Fabre e Vaurs (2017), e Fabre (2018). Contudo, já foi disponibilizado pela FAA a versão FAARFIELD 2.0, em que é possível obter os valores de PCR de forma automatizada. Assim, os resultados posteriores da pesquisa serão gerados a partir desse *software*.

O Método ACR/PCR considera com mais precisão os danos acumulados no pavimento, uma vez que considera a contribuição individual de cada aeronave. Dessa forma, sugere um tempo de vida útil mais confiável e menor, se comparado ao método vigente. Por fim, acredita-se que a introdução do método baseado na ML²EA, combinado com o surgimento de novos materiais, novos métodos de construção de pavimentos e técnicas de manutenção aprimoradas, permitirá que os operadores de aeródromos otimizem e acomodem de forma segura as operações das aeronaves.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem a Cyril Fabre, Chefe de Pavimentos Aeroportuários da Airbus, pelo auxílio na obtenção dos resultados do método ACR/PCR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASTHO (1993) *Guide for Design of Pavement Structures*. Association of State Highway and Transportation Officials, Washington.
- ANAC (2016) *Instrução Suplementar – IS nº 153.103-001 – Revisão A*. Agência Nacional de Aviação Civil, Brasília.
- ANAC (2020) *Cálculo de PCN de pavimentos aeroportuários usando o COMFAA 3.0*. Agência Nacional de Aviação Civil, Brasília.
- FAA (2014) *Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength - PCN – AC 150/5335-5C*. Federal Aviation Administration, Washington.
- Fabre, C. (2018) The Aircraft Classification Rating – Pavement Classification Rating ACR-PCR. *XIV ALACPA Seminar on Airport Pavements*, Ciudad de Quito.
- Fabre, C. e Vaurs, G. (2017) Development of rational ACN/PCN system. *The 10th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields (BCRRA)*, Athens, p. 1619-1627.
- White, G. (2016) Limitations and potential improvement of the aircraft pavement strength rating system to protect airport asphalt surfaces. *International Journal of Pavement Engineering*, v.18, n.12, p. 1111-1121.

Cecília Catarina Oliveira de Castro (ceciliacastro@det.ufc.br)

Francisco Heber Lacerda de Oliveira (heber@det.ufc.br)

Departamento de Engenharia de Transportes, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará

Campus do Pici - Bloco 703 - 60440-554, Fortaleza, CE, Brasil