



## IV Simpósio Internacional de Avaliação de Pavimentos e Projetos de Reforço

Fortaleza/CE - BRASIL - 07 a 09 de outubro 2009

### ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DOS PAVIMENTOS DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE FORTALEZA ATRAVÉS DO MÉTODO ACN/PCN

*Francisco Heber Lacerda de Oliveira<sup>1</sup> & Ernesto Ferreira Nobre Júnior<sup>2</sup>*

#### RESUMO

Em 1981, a Organização da Aviação Civil Internacional, após solicitação realizada durante a VIII Conferência de Navegação Aérea, anunciou o Método ACN/PCN como um sistema universal simples para determinar o peso limite de aeronaves que poderiam operar sobre determinado pavimento aeroportuário através de um procedimento de comparação entre o Número de Classificação da Aeronave (*Aircraft Classification Number* – ACN) e o Número de Classificação do Pavimento (*Pavement Classification Number* – PCN). O Método ACN/PCN é destinado a padronizar as informações constantes nas publicações aeronáuticas e, por consequência, apresentar dados confiáveis aos operadores aéreos em qualquer aeroporto. Além disso, o método classifica a resistência dos pavimentos aeroportuários para aeronaves com carga igual ou superior a 5.700 kg e indica se um pavimento com um determinado valor de PCN pode suportar, sem restrições, qualquer aeronave classificada com um valor de ACN igual ou inferior ao PCN notificado. No entanto, o Método ACN/PCN não se destina a projetar estruturalmente os pavimentos aeroportuários, sendo permitida a cada administração aeroportuária ou autoridade aeronáutica a utilização de qualquer metodologia ou técnica de dimensionamento. Este trabalho tem o objetivo de realizar uma análise da resistência dos pavimentos rígidos e flexíveis do Aeroporto Internacional de Fortaleza, estado do Ceará, através do Método ACN/PCN.

**PALAVRAS-CHAVE:** avaliação de pavimentos, aeroportos, resistência, Método ACN/PCN.

#### ABSTRACT

In 1981, the International Civil Aviation Organization, after request carried through during VIII Conference of Air Navigation, announced ACN/PCN Method as simple a universal system to determine the weight limited of aircraft that could operate on definitive airport pavement through a comparison procedure enter the Aircraft Classification Number - ACN and the Pavement Classification Number - PCN. ACN/PCN Method is destined to standardize the informations presents in aeronautical publications and, for consequence, to present given trustworthy to the air operators in any airport. Moreover, the method classifies the resistance of the airports pavements for aircraft with the 5,700 kg or superior load and indicates if a pavement with one determined PCN value can support, without restrictions, any aircraft classified with value of an equal or inferior ACN to the notified PCN. However, ACN/PCN Method is not destined to project the airports pavements, being allowed to each airport administration or aeronautical authority the use of any methodology or technique of sizing. This paper has the objective to carry through an analysis of the resistance of the rigid and flexible pavements of the Fortaleza International Airport, state of Ceará, through ACN/PCN Method.

**KEY WORDS:** pavement assessment, airports, resistance, ACN/PCN Method.

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia de Transportes da Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária - INFRAERO. Aeroporto Internacional Pinto Martins. Av. Senador Carlos Jereissati, 3000 – Serrinha. Cep: 60.741-900. Fortaleza. Ceará. E-mail: holiveira.cnr@infraero.gov.br

<sup>2</sup> Professor Adjunto da Universidade Federal do Ceará. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia de Transportes. Bloco 703 - Campus do Pici S/N. Cep: 60.455-760. Fortaleza. Ceará. E-mail: nobre@ufc.br

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Ao longo dos últimos anos verificou-se um aumento significativo do tráfego aéreo em todo o Brasil. Na capital cearense, e no Nordeste como um todo, o crescimento foi impulsionado, principalmente, pelas políticas públicas de incentivo ao turismo. Como consequência surgiram operações com aeronaves de maior porte e capacidade de transporte de passageiros e de cargas, demandando essa evolução a necessidade de modernos terminais de passageiros e, na mesma tendência, pavimentos – pistas e pátios – mais funcionais, seguros e resistentes.

Os pavimentos aeroportuários, na opinião de Oliveira (2008 e 2009), devem proporcionar aos seus usuários um nível de serviço elevado com o objetivo de garantir condições mínimas de segurança operacional, reduzindo os acidentes e/ou incidentes envolvendo aeronaves.

A deterioração normalmente evidenciada pelo aparecimento de diferentes tipos de defeitos, causados pela combinação de condições climáticas, ambientais, pelas operações de pousos, decolagens, deslocamentos das aeronaves, materiais utilizados e técnicas construtivas não pode se tornar fator contribuinte para a ocorrência dos acidentes e/ou incidentes citados anteriormente.

Segundo Hudson *et al* (1997), os defeitos são frequentemente utilizados como medida de desempenho de pavimentos de aeroportos e dependendo do grau de severidade apresentado pelo pavimento, pequenas partículas provenientes de sua deterioração podem tornarem-se perigos potenciais, se sugadas pelos motores das aeronaves.

Nesse sentido é importante que os pavimentos aeroportuários possuam uma condição estrutural satisfatória de modo que não apresentem problemas que comprometam adversamente a segurança e o desempenho das aeronaves e, de tal modo, suportem o tráfego, geralmente configurado com um número menor de solicitações com cargas atuantes mais pesadas, se comparado ao tráfego rodoviário.

Para avaliar a resistência estrutural dos pavimentos aeroportuários, a Organização da Aviação Civil Internacional (*International Civil Aviation Organization* – ICAO) recomenda a aplicação de um método simples em que se define o peso limite das aeronaves que podem operar sobre determinado pavimento.

O procedimento, conhecido como Método ACN/PCN, compara o Número de Classificação de Aeronave (*Aircraft Classification Number* – ACN), específico para cada aeronave com carga igual ou superior a 5.700 kg, e o Número de Classificação do Pavimento (*Pavement Classification Number* – PCN), seja rígido ou flexível.

Assim, o Método ACN/PCN procura indicar se um pavimento aeroportuário com um determinado PCN pode suportar, sem restrições, qualquer aeronave com um valor de ACN igual ou inferior ao PCN informado. Além disso, o método destina-se a padronizar as informações constantes nas publicações aeronáuticas e apresentar dados confiáveis aos operadores aéreos em qualquer aeroporto do mundo que adote essa metodologia.

## OBJETIVO

Através da descrição das características estruturais dos pavimentos – rígidos e flexíveis do Aeroporto Internacional de Fortaleza, Estado do Ceará, este trabalho objetiva apresentar uma análise sucinta da sua resistência estrutural através do Método ACN/PCN.

## CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DOS PAVIMENTOS DO AEROPORTO

Os pavimentos aeroportuários devem possuir, de acordo com Argue (2005), as seguintes características de qualidade operacional: resistência estrutural – capacidade de suportar as cargas do tráfego; resistência à derrapagem – níveis de atrito, microtextura e macrotextura necessários para proporcionar uma adequada frenagem e controle direcional das aeronaves; condição de rolamento – efeito da irregularidade no conforto e na segurança dos usuários, sendo de particular importância em pistas de pousos e de decolagens; e, integridade estrutural – inexistência de defeitos que possam ocasionar danos às aeronaves.

Além dessas, Glushkov *et al.* (1988) asseguram que os pavimentos aeroportuários precisam ter a capacidade de combater os fatores climáticos adversos, ser impermeável o suficiente para prevenir infiltração nas camadas subjacentes, resistir às erosões ocasionadas pelos jatos das turbinas e permitir uma fácil manutenção ou reparo.

Quanto à classificação, assim como ocorre para os pavimentos rodoviários, de uma forma geral, os aeroportuários também podem ser divididos em dois tipos distintos: rígidos e flexíveis. Contudo, Argue (2005) afirma que podem existir combinações entre esses tipos.

Apesar das considerações de Wells e Young (2004) quanto ao uso de pavimentos rígidos em pistas de pousos e de decolagens dos grandes aeroportos e bases aéreas militares dos Estados Unidos, na maior parte dos aeroportos brasileiros, a exemplo do Aeroporto Internacional de Fortaleza, os pavimentos rígidos são bastante utilizados em áreas do pátio de manobras e estacionamento de aeronaves, de veículos de serviço e equipamentos de apoio às aeronaves no solo, conforme se apresentam na Figura 1.



Figura 1. Pavimentos rígidos em áreas do Aeroporto Internacional de Fortaleza.

Para Fonseca (1990) são nessas áreas que ocorrem os serviços de reabastecimento e manutenção de aeronaves e equipamentos diversos, sendo, portanto, indicado o uso de pavimentos rígidos devido à maior resistência química do concreto-cimento aos combustíveis, óleos e lubrificantes que, porventura, venham a ser derramados sobre a superfície desses pavimentos.

No Brasil, somente alguns aeroportos possuem pavimentos rígidos nas suas pistas de pousos e de decolagens, a exemplo de uma das pistas do Aeroporto Internacional do Galeão/RJ, além dos aeroportos de Campina Grande, Florianópolis e Pelotas, e Aeroporto Internacional de Campo Grande (INFRAERO, 2008).

Por sua vez, a aplicacao dos pavimentos flexiveis em aeroportos brasileiros e verificada nas pistas de pousos e de decolagens, de taxiamento de aeronaves e nas vias internas de servico destinadas a circulacao dos veiculos e equipamentos de apoio as aeronaves no solo, conforme ilustra a Figura 2, em areas do Aeroporto Internacional de Fortaleza.



Figura 2. Pavimentos flexiveis em areas do Aeroporto Internacional de Fortaleza.

Ainda quanto aos dois tipos principais de pavimentos utilizados em aeroportos, Fonseca (1990) apresenta, atraves da Tabela 1, algumas caracteristicas gerais que se destinam a auxiliar os tomadores de decisao no processo de conservacao e de restauracao.

Tabela 1. Caracteristicas gerais dos pavimentos aeroportuarios.

Propriedade	Tipo de pavimento	
	Rigido	Flexivel
Custo Inicial	Elevado	Baixo
Vida Útil	Maior	Menor
Custo de Manutenção	Menores	Maiores
Composição do revestimento	Placas de Concreto	Concreto-Asfáltico e diversas camadas de apoio
Composição das camadas subjacentes ao revestimento	Podem-se utilizar materiais de baixo custo	Utilizam-se materiais selecionados

Em complemento às informações apresentadas na Tabela 1, quanto à vida útil, os pavimentos rígidos podem ser utilizados por um período de 20 a 40 anos, enquanto que os flexíveis duram entre 15 e 20 anos, desde que possuam uma adequada manutenção (Wells e Young, 2004).

De acordo com Dempsey (1999), a escolha do tipo de pavimento a ser implantado nos aeroportos ocorre em virtude das características físicas de cada material e dos sinais visuais percebidos pelos pilotos das aeronaves, ou seja: as zonas escuras, dos materiais constituintes dos pavimentos flexíveis, são destinadas às áreas de movimento, e, as zonas claras, provenientes dos pavimentos rígidos, em áreas de estacionamento.

Sabe-se que a função primordial de qualquer pavimento, seja aeroportuário ou rodoviário, é resistir às cargas que atuam sobre a superfície da estrutura, no sentido de evitar o seu colapso parcial ou total e, assim sendo, sua utilização e operação não sejam impedidas.

Para Horonjeff (1966), os pavimentos precisam distribuir as cargas concentradas de tal modo que a capacidade de carga das camadas subjacentes, geralmente definida em função da deformação plástica máxima durante a sua vida útil, não seja excedida.

De uma maneira geral, no Aeroporto Internacional de Fortaleza, os dois tipos de pavimentos são distribuídos nas áreas operacionais, ou seja, aquelas destinadas ao atendimento das aeronaves e de suas atividades principais, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Distribuição dos pavimentos no Aeroporto Internacional de Fortaleza.

Tipo	Localização	Facilidade	Características
R Í G I D O	Terminal de Aviação Geral – TAG	Pátio de manobras e estacionamento de aeronaves – Pátio 1, e via de serviço	Área: 36.720 m <sup>2</sup> Placas de concreto armado: 6,0 m x 3,5 m (em média)
	Terminal de Passageiros - TPS	Pátio de manobras e estacionamento de aeronaves – Pátio 2	Área: 52.990 m <sup>2</sup> Placas de concreto armado: 5,0 m x 3,5 m (em média)
		Estacionamento de veículos de serviço e de equipamentos de apoio	Área: 5.700 m <sup>2</sup> Placas de concreto armado: 5,0 m x 3,5 m (em média)
	Terminal de Logística de Cargas - TECA	Pátio de manobras e estacionamento de aeronaves – Pátio 3, e via de serviço	Área: 46.000 m <sup>2</sup> Placas de concreto armado: 5,0 m x 4,0 m (em média)
F L E X Í V E L	Sistema de Pistas	Pista de pousos e de decolagens – Runway (RWY 13/31)	Extensão: 2.545 m Largura útil: 45 m Largura total: 60 m
		Pistas de taxiamento – Taxiway (TWY)	Alfa: 1.800 m x 22 m Bravo: 79 m x 24 m Charlie: 77 m x 33 m Delta: 138 m x 17 m Echo: 135 m x 32 m Foxtrot: 135 m x 32 m Golf: 135 m x 32 m Hotel: 131 m x 26 m India: 79 m x 32 m Juliett: 2.248 m x 22 m Kilo: 79 m x 24 m Lima: 98 m x 30 m
	Terminal de Passageiros - TPS	Via de serviço	Comprimento: 640 m Largura: 13 m
		Área de manobras	Área: 77.281 m <sup>2</sup>

## O MÉTODO ACN/PCN

Em 1974, durante a VIII Conferência de Navegação Aérea, foi solicitada à ICAO a elaboração de uma metodologia internacional unificada para a classificação da resistência dos pavimentos aeroportuários, com o objetivo de padronizar os dados constantes nas publicações de informações aeronáuticas.

Em virtude dessa solicitação, em 1977, a ICAO instituiu um grupo de trabalho que realizou estudos que resultaram em um método de classificação destinado a aeronaves com carga igual ou superior a 5.700 kg.

Depois de finalizadas as pesquisas e os trabalhos desse grupo, a ICAO, em 1981, anunciou o Método ACN/PCN como um sistema universal simples para determinar o peso limite de aeronaves que poderiam operar sobre determinado pavimento aeroportuário por um procedimento de comparação entre o Número de Classificação da Aeronave (*Aircraft Classification Number* – ACN) e o Número de Classificação do Pavimento (*Pavement Classification Number* – PCN).

Para a Direção Geral de Aviação Civil da França (*Direction Générale de l'Aviation Civile* – DGAC) (DGAC, 1999) e a Agência Nacional de Aviação Civil do Brasil – ANAC (ANAC, 2008), pavimentos que operem com aeronaves inferiores aos 5.700 kg indicados pelo Método ACN/PCN devem ser representados com as informações relativas à carga máxima admissível da aeronave e à pressão máxima admissível dos pneus.

Por definição prática, a ICAO (1983) apresenta o ACN como o número que indica o efeito relativo de uma aeronave com uma determinada carga sobre um pavimento, para uma especificada resistência de subleito, e o PCN como o número que expressa a capacidade de resistência de um determinado pavimento para operações sem restrições.

Em resumo, tem-se que:

se  $ACN \leq PCN \rightarrow$  operação recomendada, e  
se  $ACN > PCN \rightarrow$  operação não recomendada.

O cálculo do ACN exige informações detalhadas sobre as características físicas e operacionais das aeronaves, como o centro de gravidade, peso máximo de decolagem, espaçamento entre as rodas do trem de pouso, pressão dos pneus, dentre outras. Cada aeronave possui o seu ACN e tais valores podem ser encontrados diretamente com o fabricante ou operador da aeronave ou, ainda, através de documentos expedidos pela ICAO (ICAO, 1983).

A ICAO (1983) adotou convenções para determinação dos valores de ACN, uma vez que as aeronaves podem ser operadas em diversas condições de carga e centro de gravidade: o ACN máximo de uma aeronave se calcula com a massa e o centro de gravidade que produzem a carga máxima do trem-de-pouso principal sobre o pavimento. Para condições específicas, os valores de ACN são os que se ajustam aos efeitos da pressão dos pneus e/ou a posição do centro de gravidade, com peso bruto especificado para a aeronave.

O ACN, numericamente, é o dobro da carga derivada de roda simples padrão, que é uma função da resistência do terreno de fundação – subleito, com pressão normalizada de 1,25 MPa, expressa em milhares de quilogramas (ICAO, 1983). Vale ressaltar que o ACN se define para quatro categorias de resistência de subleito: alta, média, baixa e ultra-baixa, que serão definidas posteriormente quando da descrição da notificação do Método ACN/PCN.

Nos últimos anos, uma ferramenta importante foi desenvolvida pela Administração Federal de Aviação dos Estados Unidos (*Federal Aviation Administration – FAA*) com o intuito de facilitar a obtenção dos valores de ACN. Trata-se do programa computacional denominado *COMFAA* que permite calcular os valores de ACN baseado no Método ACN/PCN (Oliveira, 2009).

Além do *COMFAA*, outros programas foram desenvolvidos por empresas especializadas, a exemplo do *WinPCN* (Dynatest, 2008), executado em plataforma Windows e baseado em métodos utilizados pela ICAO, incluindo um banco de dados com mais de 125 modelos diferentes de aeronaves.

No que diz respeito à determinação do PCN existem dois métodos de avaliação conhecidos: um baseado na experiência, com operações de aeronaves sobre um determinado pavimento, e outro que se baseia na avaliação técnica.

O procedimento experimental é de fácil utilização e aplicação, haja vista não haver necessidade de conhecimento detalhado da estrutura do pavimento. Isso porque, neste caso, o valor do PCN é expresso como o maior valor de ACN de todas as aeronaves que utilizam o pavimento de um determinado aeroporto.

No procedimento técnico, de acordo com informações da ANAC (2008), são usados os mesmos princípios para o projeto de dimensionamento de pavimentos, sendo obtido o valor do PCN a partir da obtenção da carga bruta admissível suportada pelo pavimento. Para isso deve-se considerar a frequência de operações e os níveis de tensão admissíveis, obtendo-se a carga bruta da aeronave pelo processo inverso do dimensionamento. Além disso, é preciso avaliar o tráfego equivalente no aeroporto, a partir do tráfego de todas as aeronaves.

Assim, dependendo do método de obtenção, o valor numérico do PCN expressa a capacidade de resistência de um determinado pavimento em termos de carga de roda simples padrão, a uma pressão de pneus normalizada de 1,25 MPa, além da tensão de trabalho, para pavimentos rígidos, de 2,75 MPa e as quatro categorias de resistência de subleito.

O conceito de roda simples padrão, segundo a ANAC (2008), é obtido matematicamente e define a interação trem-de-pouso e pavimento. Da mesma forma, sugere tensão idêntica na estrutura e suprime a necessidade de especificar a espessura do pavimento quando se equipara a espessura obtida para o trem-de-pouso à espessura obtida para uma só roda com pressão normalizada.

Recomenda-se que o valor do PCN seja expresso em número inteiro, arredondando-se os números fracionários para o inteiro mais próximo. Segundo a ANAC (2008), para pavimentos de resistência variável, o valor de PCN a ser notificado deve ser correspondente ao segmento mais fraco do pavimento.

Diante das definições e das descrições de ACN e PCN, a notificação formal do PCN baseia-se além do valor numérico do PCN, nos seguintes parâmetros:

- a) tipo de pavimento – rígido e flexível;
- b) resistência do subleito – alta, média, baixa e ultra-baixa, para cada tipo de pavimento;
- c) pressão máxima admissível dos pneus – alta, média, baixa e ultra-baixa; e,
- d) método de avaliação dos pavimentos – técnico e experimental.

Ressalte-se que, para cada parâmetro listado no parágrafo anterior, existe um código específico associado, conforme se apresentam nas Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7.

Tabela 3. Notificacao do PCN – Tipo pavimento.

Parâmetro	Categoria	Código
Tipo de Pavimento	Rígido	R
	Flexível	F

Tabela 4. Notificacao do PCN – Resistência do subleito para pavimentos rígidos.

Parâmetro	Categoria	Resistência do subleito (k em MN/m <sup>3</sup> )	Resistência do subleito normalizada (k em MN/m <sup>3</sup> )	Código
Resistência do subleito – Pavimento Rígido	Alta	$k > 120$	150	A
	Média	$60 < k < 120$	80	B
	Baixa	$25 < k < 60$	40	C
	Ultra-Baixa	$k < 25$	20	D

Tabela 5. Notificacao do PCN – Resistência do subleito para pavimentos flexíveis.

Parâmetro	Categoria	Resistência do subleito (CBR)	Resistência do subleito normalizada (CBR)	Código
Resistência do subleito – Pavimento Flexível	Alta	$CBR > 13$	15	A
	Média	$8 < CBR < 13$	10	B
	Baixa	$4 < CBR < 8$	6	C
	Ultra-Baixa	$CBR < 4$	3	D

Tabela 6. Notificacao do PCN – Pressão máxima admissível dos pneus.

Parâmetro	Categoria	Pressão máxima permitida (MPa)	Código
Pressão máxima admissível dos pneus	Alta	Sem limite de pressão	W
	Média	Pressão limitada a 1,5 MPa	X
	Baixa	Pressão limitada a 1,0 MPa	Y
	Ultra-Baixa	Pressão limitada a 0,5 MPa	Z

Tabela 7. Notificacao do PCN – Método de avaliacao.

Parâmetro	Categoria	Código
Método de avaliacao	Experimental	U
	Técnico	T

## AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DOS PAVIMENTOS DO AEROPORTO

Para o Aeroporto Internacional de Fortaleza, os valores de PCN para os pavimentos do seu sistema de pátios e de pistas são os apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. PCN dos pavimentos do Aeroporto Internacional de Fortaleza.

Pátios/Pistas/Taxiways	PCN
Pátio 1 – TAG	44/R/A/X/T
Pátio 2 – TPS	51/R/A/X/T
Pátio 3 – TECA	69/R/B/X/T
Pista de pousos e de decolagens – RWY 13/31	66/F/A/X/T
Taxiway Alfa – TWY A	66/F/A/X/T
Taxiway Bravo – TWY B	66/F/A/X/T
Taxiway Charlie – TWY C	66/F/A/X/T
Taxiway Delta – TWY D	66/F/A/X/T
Taxiway Echo – TWY E	28/F/A/X/T
Taxiway Foxtrot – TWY F	66/F/A/X/T
Taxiway Golf – TWY G	66/F/A/X/T
Taxiway Hotel – TWY H	66/F/A/X/T
Taxiway India – TWY I	66/F/A/X/T
Taxiway Juliett – TWY J	66/F/A/X/T
Taxiway Kilo – TWY K	66/F/A/X/T
Taxiway Lima – TWY L	66/F/A/X/T

Os valores de PCN apresentados na Tabela 8 mostram que, a exceção daquele correspondente à TWY E, os pavimentos do Aeroporto Internacional de Fortaleza possuem adequada capacidade de suporte, podendo atender aeronaves comerciais e militares de grande porte.

A pista de pousos e de decolagens é compatível para o atendimento da aeronave crítica do aeroporto: o Boeing 747-400. Essa aeronave, de acordo com ICAO (1983), possui um ACN de 53 para pavimentos rígidos e 57 para pavimentos flexíveis, considerando o peso máximo de decolagem, uma alta resistência do subleito e uma média pressão admissível dos pneus.

Contudo, o mesmo não se pode afirmar para o Pátio 1 e o Pátio 2, conforme se verifica pelos valores correspondentes na Tabela 8, que possuem PCN inferiores ao ACN da aeronave crítica, não sendo, portanto, recomendada à operação dessa aeronave nos seus pátios, nas características citadas no parágrafo anterior, em virtude de ocasionar uma sobrecarga sobre o pavimento.

O caso de sobrecargas em pavimentos aeroportuários é previsto no documento da ICAO (1983). Desde que pequena e ocasional, uma sobrecarga é aceitável, pois tal situação gera uma pequena aceleração em sua deterioração, com diminuição proporcional na sua vida útil.

Para tratar essa situação, a ICAO (1983) estabelece que o número anual de operações com sobrecarga não deve ultrapassar a 5%, aproximadamente, do número anual total de operações no aeroporto. Seguindo esse critério, têm-se na Tabela 9, as operações entre 2004 e 2007, envolvendo o Boeing 747-400 no Aeroporto Internacional de Fortaleza.

Tabela 9. Número de operações do Boeing 747-400 no Aeroporto Internacional de Fortaleza.

Aeronave	Operações/Ano			
	2004	2005	2006	2007
Boeing 747-400	0	0	0	2
Total de operações	47.226	46.638	42.588	39.652

Pela Tabela 9 verifica-se que as operações envolvendo o Boeing 747-400, para qual não seriam recomendadas as operações nos Pátio 1 e Pátio 2, são bem inferiores ao limite estabelecido pela ICAO (1983). Dessa forma, não se faz necessária uma análise criteriosa da resistência estrutural desses pátios, uma vez que a frequência e a intensidade da sobrecarga da aeronave não proporcionam danos substanciais ao pavimento.

Além desse critério, a ICAO (1983 e 2004) indica que, para pavimentos flexíveis, as operações de aeronaves com ACN não superior a 10% do PCN notificado não trazem prejuízos aos pavimentos. Para pavimentos rígidos ou compostos, o valor de ACN não deve ser superior a 5% do PCN informado. Este limite também é aplicado quando não se conhece a estrutura do pavimento.

DGAC (1999), no seu programa de gestão dos pavimentos aeroportuários, através de um fluxograma simples, analisa as autorizações dessas condições limites de sobrecarga em pavimentos aeroportuários, levando em consideração, dentre outros aspectos, a pressão real e a pressão limite de enchimento dos pneus, bem como a carga real e a carga admissível da aeronave analisada.

Dados fornecidos no início dos anos 80 pela fabricante de aeronaves Boeing para a pista de pousos e de decolagens do Aeroporto Internacional de Fortaleza, indicavam um PCN igual a 45/F/A/W/U. O relatório de avaliação da época concluía que a referida pista possuía capacidade de suporte suficiente para atender todas as aeronaves em operação na época, com plena carga, bem como ao tráfego previsto para um período de 20 anos (BOEING, 1982 *apud* DIRENG, 1985).

O documento (DIRENG, 1985) foi elaborado com o intuito de definir as diretrizes para as obras de reforço da pista de pousos e de decolagens do Aeroporto Internacional de Fortaleza. Os serviços seriam constituídos de um recapeamento de toda a extensão da pista, inclusive das cabeceiras de concreto, numa espessura da camada de reforço da superfície de 5 cm, executado em Concreto Betuminoso Usinado à Quente – CBUQ, permitindo um incremento do valor do PCN passando para 70/F/A/X/T.

Após a obra a pista de pousos e de decolagens do Aeroporto Internacional de Fortaleza passou a ter a seguinte composição estrutural, conforme a seção transversal da Figura 3, mantendo essa configuração nos dias atuais.



Figura 3. Seção transversal da pista de pousos e de decolagens do Aeroporto Internacional de Fortaleza.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nota-se que transcorridos mais de 20 anos do último serviço de reforço da pista de pousos e de decolagens do Aeroporto Internacional de Fortaleza, o valor do PCN sofreu um pequeno decréscimo – de 70/F/A/X/T para 66/F/A/X/T, mantendo uma adequada capacidade estrutural. Vale registrar que esta pesquisa não obteve informações legítimas de outros serviços que tivessem o objetivo de reforço estrutural de quaisquer outros pavimentos desse aeroporto.

O Método ACN/PCN não se destina a projetar estruturalmente os pavimentos aeroportuários, sendo permitida a cada administração aeroportuária ou autoridade aeronáutica a utilização de qualquer técnica de dimensionamento, a saber: análise elástica das camadas, do Instituto de Asfalto, da Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP e da *Federal Aviation Administration* – FAA.

O estudo da resistência dos pavimentos aeroportuários, apresentado através do Método ACN/PCN, é uma importante fonte universal e padronizada de informações aos operadores envolvidos.

Dados acerca da estrutura e da resistência dos pavimentos aeroportuários complementam informações sobre as suas condições funcionais, tais como o coeficiente de atrito e a textura superficial – microtextura e macrotextura, criando um cenário integral e confiável para ações de manutenção e de operação, por parte de seus administradores, e de controle da autoridade aeronáutica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANAC (2008) *Resistência de Pavimentos dos Aeródromos – IAC 157-1001*. Instrução de Aviação Civil. Agência Nacional de Aviação Civil. Ministério da Defesa. Brasília/DF.
- ARGUE, G. H. (2005) *Canadian Airfield Pavement. Engineering Reference*. Ottawa, Canada.
- BOEING (1982) *Pavements Assessment Report – Pinto Martins Airport / Fortaleza*. Boeing Commercial Airplanes. Seattle, Washington.
- DEMPSEY, P. S. (1999) *Airport Planning & Development Handbook: a Global Survey*. McGraw-Hill. New York.
- DGAC (1999) *Gestion des Chaussées Aéronautiques. Méthode ACN-PCN. Chapitre 8*. Instruction Technique sur les Aérodomes Civils. Direction Générale de l'Aviation Civile. Service Technique de l'Aviation Civile. France.
- DIRENG (1985) *Projeto de reforço – Pista de pouso do Aeroporto de Fortaleza*. Diretoria de Engenharia da Aeronáutica. Ministério da Aeronáutica. Brasília/DF.
- DYNATEST (2008) *ACN/PCN Programa para Windows*. Dynatest Engenharia Ltda. Disponível em <<http://www.dynatest.com.br>>. Acesso em 25/03/2008
- FONSECA, O. A. (1990) *Manutenção de Pavimentos de Aeroportos*. Diretoria de Engenharia da Aeronáutica. Divisão de Estudos e Projetos de Infra-Estrutura. Ministério da Aeronáutica. Brasília/DF.



- GLUSHKOV, G. I., BABKOV, V. F., GORETSKY, L. I. e SMIRNOV, A. S. (1988) *Airport Engineering*. Mir Publishers Moscow. Union of Soviet Socialist Republics.
- HUDSON, W. R., HAAS, R. e UDDIN, W. (1997) *Infrastructure Management: integrating desing, construction, maintenance, rehabilitation and renovation*. McGraw-Hill. Seattle, Washington.
- HORONJEFF, R. (1966) *Aeroportos – Planejamento e Projeto*. McGraw-Hill Book Company. Rio de Janeiro/RJ.
- ICAO (1983) *Manual de proyecto de aeródromos. Parte 3. Pavimentos*. Segunda edición. Organización de Aviación Civil Internacional. Lima, Peru.
- ICAO (2004) *Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation. Aerodrome Design and Operations. Volume I*. 4<sup>th</sup> Edition. International Civil Aviation Organization. Montreal, Canada.
- INFRAERO (2008) *Relatório de Informação das Pistas*. Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária. Superintendência de Empreendimentos de Engenharia. Diretoria de Engenharia. Brasília/DF.
- OLIVEIRA, F. H. L. (2008) *Considerações sobre a Prática dos Serviços de Remoção de Borracha em Pavimentos Aeroportuários*. In: 39<sup>a</sup>. Reunião Anual de Pavimentação – 39<sup>a</sup>. RAPv. 13<sup>o</sup>. Encontro Nacional de Conservação Rodoviária – 13<sup>o</sup>. ENACOR. Setembro 2008. Recife/PE.
- OLIVEIRA, F. H. L. (2009) *Proposição de Estratégias de Manutenção de Pavimentos Aeroportuários Baseadas na Macrot textura e no Atrito: Estudo de Caso do Aeroporto Internacional de Fortaleza*. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 178 pág.
- WELLS, A. T. e YOUNG, S. B. (2004) *Airport Planning & Management*. 5<sup>th</sup> Edition. McGraw-Hill. New York, USA.