

# 40ª RAPv – Reunião Anual de Pavimentação

Rio de Janeiro, RJ - 26 a 28 de outubro de 2010

## ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MACROTEXTURAS DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS E AEROPORTUÁRIOS NO ESTADO DO CEARÁ

*Francisco Heber Lacerda de Oliveira<sup>1</sup>; Paulo Roberto Reis Loiola<sup>2</sup>; Suelly Helena de Araújo  
Barroso<sup>3</sup> & Ernesto Ferreira Nobre Júnior<sup>4</sup>*

### RESUMO

A macrotextura constitui um importante parâmetro de avaliação das características das texturas dos revestimentos aplicados em pavimentos rodoviários e aeroportuários. Para ambos os pavimentos, a relevância desse parâmetro está na contribuição da aderência pneu-revestimento e, por consequência, na resistência do tráfego à derrapagem, especialmente quando da presença de água na superfície. Tais fatores contribuem positivamente para a segurança das operações com a redução do número de acidentes. Apesar do tráfego sobre esses pavimentos serem distintos, a recomendação dos órgãos gestores e reguladores é de que a macrotextura esteja classificada entre média e aberta, de forma a proporcionar melhor drenagem da água da superfície daqueles pavimentos. A metodologia para obtenção dos valores de macrotextura ocorre através do ensaio da Mancha de Areia em que se determina a profundidade média da altura da mancha de areia formada entre os picos e as depressões da textura do revestimento analisado. Este trabalho tem o objetivo de efetuar uma análise comparativa entre valores de macrotexturas para pavimentos rodoviários e de aeroportos revestidos com diferentes alternativas: tratamento superficial duplo (TSD) e em Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ). Assim, efetuaram-se, no ano de 2009, levantamentos da macrotextura de duas rodovias em restauração localizadas no estado do Ceará, bem como da pista de pousos e decolagens do Aeroporto Internacional de Fortaleza. A partir dos resultados obtidos, percebe-se que a classificação da macrotextura é diferente para ambos os revestimentos das rodovias analisadas (TSD e CBUQ), bem como para o mesmo tipo de revestimento (CBUQ), quando comparados rodovias e aeroportos.

**PALAVRAS-CHAVE:** macrotextura, rodovias, aeroportos, aderência

### ABSTRACT

The macrotexture is an important parameter for evaluating textures characteristics of the surfaces applied to highways and airports pavements. For both pavements, the relevance of this parameter is the contribution of the tire-pavement adhesion and therefore the skid resistance, especially when there is presence of water on the surface. These factors contribute positively to the safety of the operations by reducing the number of accidents. Despite the traffic on these pavements been different, the recommendation of the governing regulators is that macrotexture is ranked between middle and open, in order to provide better drainage of surface water from those pavements. The methodology for obtaining macrotexture values occurs by the sand patch method which determines the average depth of the height of the sand spot formed between the peaks and depths of the texture surface analyzed. This paper aims to make a comparative analysis between values of macrotexture for highways and airport pavements with different alternatives: double surface treatment and the hot asphalt concrete. Thus, were conducted in the year 2009, surveys macrotexture of two highways in restoration in the state of Ceara, and the runway from Fortaleza International Airport. From the results obtained, it is noticed that the macrotexture classification is different for both surface of the highways analyzed and for the same type of surface, when compared highways and airports.

**KEY WORDS:** macrotexture, highways, airports, adherence

<sup>1</sup> Professor Auxiliar da Universidade de Fortaleza – UNIFOR. E-mail: heberoliveira@unifor.br

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia de Transportes e Engenheiro do DER/CE. E-mail: pauloiola@uol.com.br

<sup>3</sup> Professora Adjunta da Universidade Federal do Ceará – UFC. E-mail: suelly@det.ufc.br

<sup>4</sup> Professor Adjunto da Universidade Federal do Ceará – UFC. E-mail: nobre@ufc.br

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Estatísticas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2009) mostram que, no ano de 2009, de um total de 159.403 acidentes ocorridos nas rodovias federais brasileiras, foram registrados 24.418 relacionados à categoria saída de pista. Esse número representa cerca de 15 % do total de acidentes. As vítimas decorrentes desses casos totalizaram 9.055 de um total de 60 mil.

Para os acidentes aéreos não existem dados específicos sobre a mesma categoria, porém estatísticas da Boeing (2008) expõem que entre os anos de 1997 a 2006, 11% dos acidentes fatais envolvendo aeronaves comerciais a jato ocorreram na fase de decolagem. Quando se consideraram os pousos, essa porcentagem atingiu os 22% dos acidentes fatais. As vítimas a bordo decorrentes desses acidentes somaram 17%.

Considerando que tais acidentes, e até mesmos os incidentes, ocorrem por fatores diversos e muitas vezes combinados, é provável que as rodovias e as pistas de pousos e decolagens contribuam diretamente para essas ocorrências.

Tal fato se agrava, sobretudo, quando os pavimentos se encontram com falhas, defeitos e em desacordo com os padrões recomendados para a textura de seus revestimentos. Isso pode ocorrer pela deterioração gradual ocasionada pelo tráfego e/ou condições climáticas, assim como pela ausência de manutenção.

Diante disso, é indispensável que os pavimentos rodoviários e aeroportuários possuam revestimentos com texturas que proporcionem adequadas características de aderência aos pneus dos veículos, aeronaves, máquinas e outros equipamentos que trafegam sobre eles. Essa condição está relacionada com a resistência do tráfego à derrapagem, notadamente em superfícies molhadas, e, por consequência, com a segurança das operações e a redução do número de acidentes e/ou incidentes.

A aderência pneu-pavimento é um indicador importante, de acordo com Wuttke (2003), no sentido de procurar materiais e formulações que assegurem um nível satisfatório de atrito entre o pneu e o pavimento, evitando o perigoso deslizamento de veículos sobre pavimentos molhados.

Conforme Silva (2007), a avaliação correta da textura do revestimento, identificando as seções das vias que apresentam níveis baixos de serventia ou deterioração acelerada, é uma ferramenta valiosa para prevenção e redução de acidentes.

Para avaliar as condições de textura desses revestimentos existem parâmetros adotados pelos órgãos gestores e reguladores do cenário rodoviário e aeroportuário, dentre os quais pode-se destacar a macrotextura, a microtextura e o coeficiente de atrito, conforme demonstraram Loiola *et al.* (2009) e Oliveira e Nobre Júnior (2009).

Apesar da importância dos parâmetros citados anteriormente para a segurança das operações rodoviárias e aeroportuárias, neste artigo a ênfase quanto à textura superficial será dada especificamente à macrotextura, obtida através do ensaio da Mancha de Areia.

## OBJETIVO

Este artigo objetiva efetuar uma análise comparativa entre valores de macrotexturas para pavimentos de duas rodovias em restauração e da pista de pousos e decolagens do Aeroporto Internacional de Fortaleza, no estado do Ceará, revestidos com diferentes alternativas: tratamento superficial duplo (TSD) e Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ).

## A MACROTEXTURA

De acordo com Bernucci *et al.* (2007), existem quatro escalas de textura superficial: microtextura, macrotextura, megatextura e irregularidade, que representam a distância – comprimento de onda entre dois picos ou depressões da superfície do pavimento – de acordo com o que se apresenta na Tabela 1.

Classificação da Textura	Comprimento de Onda ( $\lambda$ )
Microtextura	$\lambda < 0,50 \text{ mm}$
Macrotextura	$0,50 \text{ mm} \leq \lambda < 50 \text{ mm}$
Megatextura	$50 \text{ mm} \leq \lambda < 500 \text{ mm}$
Irregularidade	$0,50 \text{ m} < \lambda < 50 \text{ m}$

Segundo Lay (1998), a microtextura corresponde à aspereza individual da superfície dos agregados que compõem a mistura asfáltica ou o concreto de cimento Portland. A macrotextura corresponde ao tamanho do agregado, a faixa granulométrica, aos vazios existentes na mistura e a configuração geométrica individual do agregado. A Figura 1 representa a diferença entre a macrotextura e a microtextura em um revestimento asfáltico.

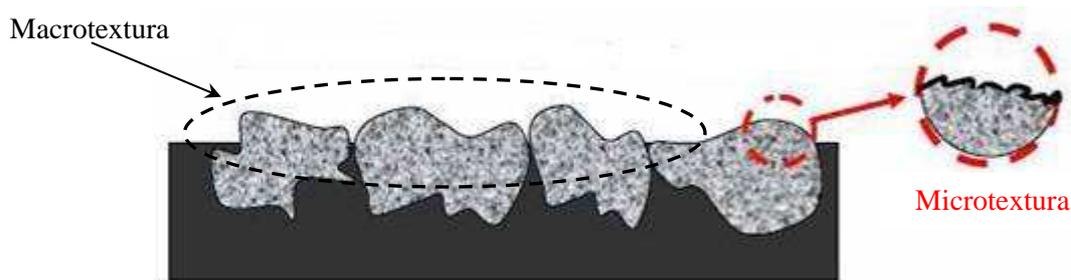


Figura 1. Detalhe da macrotextura e da microtextura.

A megatextura está ligada aos desvios da superfície do pavimento decorrentes de defeitos como a formação de trilha de roda, panelas, remendos, perda de agregado na superfície e também pelas juntas e fissuras de maiores dimensões. E por fim, a irregularidade afeta a resistência e qualidade do rolamento, a dinâmica do veículo e o custo operacional dos veículos (Lay, 1998).

A macrotextura reduz a tendência dos pneus dos veículos e das aeronaves de experimentarem a ocorrência de aquaplanagem ao proporcionar maior drenagem da água presente na superfície dos pavimentos. Em pavimentos asfálticos, o tamanho e a granulometria dos agregados são fundamentais para uma boa macrotextura. Uma pobre macrotextura não favorece uma drenagem adequada para um eficiente contato pneu-pavimento.

A forma de medição da macrotextura é por meio do ensaio da Mancha de Areia, normalizado pela ASTM (2001). O ensaio consiste em colocar sobre a superfície do pavimento a ser analisado um volume de 25.000 mm<sup>3</sup> de uma areia uniforme, arredondada, passante na peneira nº 60 (0,177 mm) e retida na peneira nº 80 (0,250 mm), e espalhá-la circularmente utilizando-se um disco com base de borracha, paralelamente à superfície do pavimento, e distribuída de forma homogênea, perfazendo um círculo de areia. O espalhamento cessa quando aparecem algumas pontas dos agregados. Na sequência, mede-se o diâmetro do círculo de areia com auxílio de uma trena ou régua, em cinco direções distintas, e faz-se a média das cinco determinações. As imagens da Figura 2 mostram o procedimento executivo para o ensaio da Mancha de Areia.



Figura 2. Espalhamento da areia e obtenção do diâmetro da mancha de areia.

O ensaio caracteriza a superfície do pavimento quanto à sua capacidade de drenar a água confinada entre o pneu e o pavimento e quantifica a distância média entre os grânulos individuais de agregados aflorados na superfície do pavimento (Silva, 2008).

A profundidade da textura será a divisão entre o volume conhecido de areia pela área do círculo formado por essa mesma areia. Outra forma de cálculo da profundidade da textura pode ocorrer através da aplicação direta do diâmetro médio do círculo de areia, conforme a equação (1).

$$HS = \frac{100.000}{\pi \times D_m^2} \quad (1)$$

Em que:

HS – profundidade da textura (mm); e,  
 $D_m$  – diâmetro médio do círculo de areia (mm).

A classificação da macrotextura é dada em função da profundidade média da mancha de areia segundo os critérios mostrados na Tabela 2, de acordo com a ABPv (1999).

Profundidade média da mancha de areia – HS (mm)	Classificação
$HS \leq 0,20$	Muito fina ou muito fechada
$0,20 < HS \leq 0,40$	Fina ou fechada
$0,40 < HS \leq 0,80$	Média
$0,80 < HS \leq 1,20$	Grosseira ou aberta
$HS > 1,20$	Muito grosseira ou muito aberta

A recomendação dos órgãos gestores e reguladores, a exemplo do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006) e da Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC (DAC, 2001), é de que a macrotextura esteja classificada entre média e grosseira ou aberta.

Nos pavimentos rodoviários, o DNIT (2006) indica que os valores para a macrotextura estejam entre 0,60 mm a 1,20 mm, de forma a proporcionar melhor drenagem da água da superfície e evitar as ocorrências de derrapagem e saída das pistas.

Especificamente para os pavimentos aeroportuários, a ANAC (DAC, 2001) recomenda que a profundidade média da macrotextura para pavimentos flexíveis convencionais não seja inferior a 0,50 mm, e que valores menores ou iguais a 0,40 mm caracterizam um nível de manutenção imediata para os pavimentos, devido à possibilidade de existir um elevado risco de aquaplanagem quando da presença de água. Destaca-se que valores superiores a 1,20 mm não são indicados, sobretudo nas áreas de toques das pistas de pousos, em virtude dos problemas de acúmulo de borracha proveniente dos pneus das aeronaves, conforme mostrou Oliveira (2009).

## ANÁLISE DAS MACROTEXTURAS

Para os pavimentos rodoviários foram obtidos valores de macrotexturas nos trechos Entrº BR-020 – Paramoti e Entrº Leste para Caucaia – Entrº CE 085/CE 090 – Icaraí, cujas obras de restauração encontram-se em andamento.

O trecho Entrº BR 020 – Paramoti desenvolve-se totalmente dentro do município de Paramoti, localizado a cerca de 100 km de Fortaleza. Atravessa uma região plana e ondulada e tem uma extensão de 12,9 km. Foi implantado na década de 80, no programa de rodovias de acesso municipal e de baixo custo. O revestimento existente e ora em restauração é um Tratamento Superficial Duplo - TSD. O volume de tráfego corresponde a  $4,0 \times 10^5$ .

O trecho Entrº Leste para Caucaia – Entrº CE 085/CE 090 – Icaraí desenvolve-se totalmente dentro do município de Caucaia, região metropolitana de Fortaleza. Atravessa uma região plana e tem uma extensão de 12,6 km. É uma rodovia em pista dupla, com 9,0 m de largura cada, implantada para beneficiar o turismo na região, haja vista que a mesma permite acesso as praias do litoral oeste do Estado do Ceará. O revestimento existente e ora em restauração é um Concreto Betuminoso Usinado à Quente – CBUQ. O fluxo de tráfego na rodovia é predominantemente de veículos de passeio e o volume de tráfego utilizado para dimensionamento do pavimento foi de  $8,0 \times 10^6$ .

A Figura 3 apresenta imagens dos revestimentos utilizados nas rodovias descritas anteriormente.



Figura 3. Revestimentos em TSD e CBUQ, respectivamente, utilizados nas rodovias analisadas.

Em ambos os trechos, os revestimentos haviam sido aplicados recentemente. Dada a fase de reconstrução dos trechos, considerou-se o momento ideal para os ensaios e assim poder monitorá-los ao longo de suas vidas úteis, utilizando os mesmos ensaios.

Destaca-se então a pretensão do trabalho de introduzir os ensaios da Mancha de Areia para obtenção da macrotextura no processo de avaliação dos pavimentos no instante que os revestimentos foram aplicados e no monitoramento dessas rodovias e da pista de pousos e decolagens do Aeroporto Internacional de Fortaleza, para acompanhar a evolução desses parâmetros ao longo do tempo.

Nas Tabelas 3 e 4 apresentam-se os resultados obtidos mediante o ensaio da Mancha de Areia e a respectiva classificação da textura para as rodovias em estudo. Para a rodovia Entrº BR 020 – Paramoti o ensaio foi realizado em 18 pontos e para a rodovia Entrº Leste para Caucaia – Entrº CE 085/CE 090 – Icaraí, 16 pontos. Ressalte-se que na coluna Estaca das tabelas referidas, as siglas LD

e LE, respectivamente, indicam os lados direito e esquerdo da rodovia, assim como AC, o acostamento.

Tabela 3. Ensaio da Mancha de Areia e classificação da textura para revestimento em TSD

Trecho: <b>Entrº BR 020 – Paramoti</b>				
Ponto	Estaca	D (mm)	HS (mm)	Classificação da textura
0	5 + 9 LD	136,80	1,70	Muito grosseira / Muito aberta
1	20 + 10 LE	134,00	1,77	Muito grosseira / Muito aberta
2	35 LD	124,00	2,07	Muito grosseira / Muito aberta
3	53 LE	138,40	1,66	Muito grosseira / Muito aberta
4	68 LD	119,00	2,25	Muito grosseira / Muito aberta
5	83 LE	127,00	1,97	Muito grosseira / Muito aberta
6	124 LD	141,00	1,60	Muito grosseira / Muito aberta
7	139 LE	147,00	1,47	Muito grosseira / Muito aberta
8	84 LE	140,00	1,62	Muito grosseira / Muito aberta
9	179 LE	131,00	1,86	Muito grosseira / Muito aberta
10	197 LD	131,00	1,86	Muito grosseira / Muito aberta
11	197 LD/AC	100,40	3,16	Muito grosseira / Muito aberta
12	212 LE	121,00	2,18	Muito grosseira / Muito aberta
13	231 LD	134,00	1,77	Muito grosseira / Muito aberta
14	253 LE	127,60	1,96	Muito grosseira / Muito aberta
15	274 LD	161,00	1,23	Muito grosseira / Muito aberta
16	298 LE	154,40	1,34	Muito grosseira / Muito aberta
17	298 LE/AC	105,40	2,87	Muito grosseira / Muito aberta

Tabela 4. Ensaio da Mancha de Areia e classificação da textura para revestimento em CBUQ

Trecho: <b>Entrº Leste para Caucaia – Entrº CE 085/CE 090 – Icarai</b>				
Ponto	Estaca	D (mm)	HS (mm)	Classificação da textura
0	15 LD	402,00	0,20	Muito fina / Muito fechada
1	17 LD	513,00	0,12	Muito fina / Muito fechada
2	19 LD	440,00	0,16	Muito fina / Muito fechada
3	20 + 4 LD	446,00	0,16	Muito fina / Muito fechada
4	22 LD	415,00	0,18	Muito fina / Muito fechada
5	23 LD	395,00	0,20	Muito fina / Muito fechada
6	25 LD	448,00	0,16	Muito fina / Muito fechada
7	26 + 10 LD	389,00	0,21	Muito fina / Muito fechada
8	28 LD	421,00	0,18	Muito fina / Muito fechada
9	92 + 14 LD	491,00	0,13	Muito fina / Muito fechada
10	96 LD	516,00	0,12	Muito fina / Muito fechada
11	98 + 10 LD	435,00	0,17	Muito fina / Muito fechada
12	129 LD	454,00	0,15	Muito fina / Muito fechada
13	231 + 10 LD	376,00	0,23	Muito fina / Muito fechada
14	295 LD	531,00	0,11	Muito fina / Muito fechada
15	298 LD	511,00	0,12	Muito fina / Muito fechada

Verifica-se pelas Tabelas 3 e 4 que a macrotextura da rodovia BR 020 – Paramoti, assim como o Entrº Leste p/ Caucaia – Entrº CE 085/CE 090 – Icarai não apresentou variação na sua classificação. Para a primeira tem-se uma macrotextura Muito grosseira/Muita aberta. Por sua vez, a macrotextura da segunda rodovia analisada classificou-se como Muita fina/Muito fechada.

A partir dos dados de profundidade da textura – HS apresentados nas Tabelas 3 e 4 foi possível construir o gráfico da Figura 4 em que constam, através da marcação de duas linhas tracejadas, os limites inferior e superior da classificação da textura, conforme recomendação do DNIT (2006). Verifica-se que ambos os revestimentos não estão contemplados pelos limites preconizados: o revestimento em TSD está acima do limite superior e o revestimento em CBUQ abaixo do inferior.

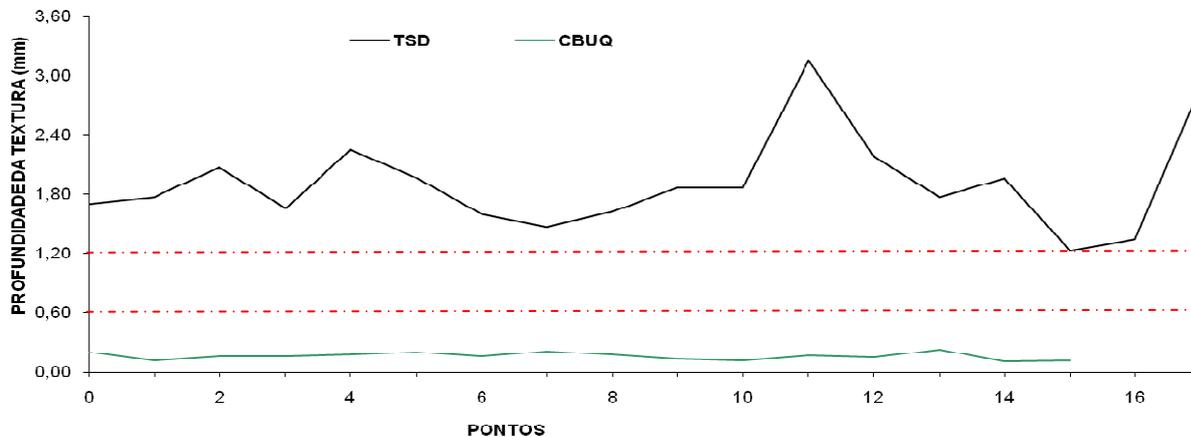


Figura 4. Gráfico da macrotextura dos revestimentos rodoviários

Do ponto de vista de segurança dessas rodovias, pode-se concluir, diante dos valores obtidos, que a rodovia com TSD possuem melhores valores de macrotextura se comparados ao CBUQ, pois superfícies com macrotextura classificadas de média a muito aberta proporcionam melhor escoamento da água porventura acumulada, facilitando o processo de frenagem dos veículos.

Numa situação contrária, revestimentos em CBUQ oferecem melhores valores de resistência à derrapagem quando comparados aos revestimentos em TSD. Nesse caso, os agregados que compõem as respectivas misturas comportam-se melhor no CBUQ do que no TSD.

Nos pavimentos aeroportuários, os valores de macrotextura foram obtidos na pista de pousos e de decolagens do Aeroporto Internacional de Fortaleza. Inaugurada em 1943, a referida pista possui 2.545 m de comprimento por 45 m de largura, revestida em Concreto Betuminoso Usinado à Quente – CBUQ e capacidade de suporte estrutural satisfatória. Uma fotografia aérea da pista de pousos e decolagens e pistas auxiliares é apresentada na Figura 5.



Figura 5. Foto aérea do complexo de pistas do Aeroporto Internacional de Fortaleza

Em 2009, segundo dados da INFRAERO – Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária (INFRAERO, 2009), a pista de pousos e decolagens do Aeroporto Internacional de Fortaleza recebeu cerca de 52.000 operações de aeronaves comerciais, executivas e militares, de pequeno, médio e grande porte, transportando passageiros e cargas. Ressalte-se que o referido Aeroporto, dotado de uma única pista de pousos e decolagens, compartilha essa pista com as operações militares da Força Aérea Brasileira – FAB.

Ressalte-se que os levantamentos de macrotextura realizados nas pistas de pousos e decolagens dos aeroportos brasileiros são obtidos com uma frequência mínima que varia de semanal à anual, de acordo com o movimento de pousos diários nessas pistas (ANAC, 2009). Além disso, o conhecimento das características da textura dessas pistas tem o objetivo, de acordo com DAC (2001), de evitar a perda do controle direcional e da capacidade de frenagem das aeronaves, quando da operação em pistas molhadas.

A recomendação de DAC (2001) é de que as medições de textura superficial devem ser realizadas a cada 100 metros de pista, em pontos localizados a 3 metros do eixo, alternadamente à esquerda (LE) e à direita (LD) deste, distando o primeiro ponto de medição a 100 metros de uma das cabeceiras.

Para a pista de pousos e decolagens do Aeroporto Internacional de Fortaleza, em 2009, em atendimento a ANAC (2009) foram realizados levantamentos nos meses de março, julho, outubro e novembro. Para este artigo, são apresentados os dados obtidos no último mês referenciado, conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Ensaio da Mancha de Areia e classificação da textura para revestimento em CBUQ

Trecho: <b>Pista de pousos e decolagens do Aeroporto Internacional de Fortaleza</b>				
Ponto	Distância na pista de pouso e decolagem	D (mm)	HS (mm)	Classificação da textura
0	100 LD	150,00	1,38	Muito grosseira / Muito aberta
1	200 LE	156,67	1,26	Muito grosseira / Muito aberta
2	300 LD	191,67	0,84	Grosseira / Aberta
3	400 LE	191,67	0,84	Grosseira / Aberta
4	500 LD	180,00	0,96	Grosseira / Aberta
5	600 LE	198,33	0,79	Média
6	700 LD	208,33	0,71	Média
7	800 LE	163,33	1,16	Grosseira / Aberta
8	900 LD	135,00	1,70	Muito grosseira / Muito aberta
9	1000 LE	110,83	2,52	Muito grosseira / Muito aberta
10	1100 LD	110,00	2,56	Muito grosseira / Muito aberta
11	1200 LE	116,67	2,28	Muito grosseira / Muito aberta
12	1300 LD	121,67	2,09	Muito grosseira / Muito aberta
13	1400 LE	119,17	2,18	Muito grosseira / Muito aberta
14	1500 LD	127,50	1,91	Muito grosseira / Muito aberta
15	1600 LE	107,50	2,68	Muito grosseira / Muito aberta
16	1700 LD	109,17	2,60	Muito grosseira / Muito aberta
17	1800 LE	119,17	2,18	Muito grosseira / Muito aberta
18	1900 LD	148,33	1,41	Muito grosseira / Muito aberta
19	2000 LE	173,33	1,03	Grosseira / Aberta
20	2100 LD	162,50	1,17	Grosseira / Aberta
21	2200 LE	177,50	0,98	Grosseira / Aberta
22	2300 LD	175,83	1,00	Grosseira / Aberta
23	2400 LE	191,67	0,84	Grosseira / Aberta

O gráfico correspondente à medição da macrotextura no pavimento aeroportuário é apresentado na Figura 6, com destaque para a linha horizontal tracejada disposta no valor de profundidade da textura de 0,50 mm, valor de referência recomendado por DAC (2001).

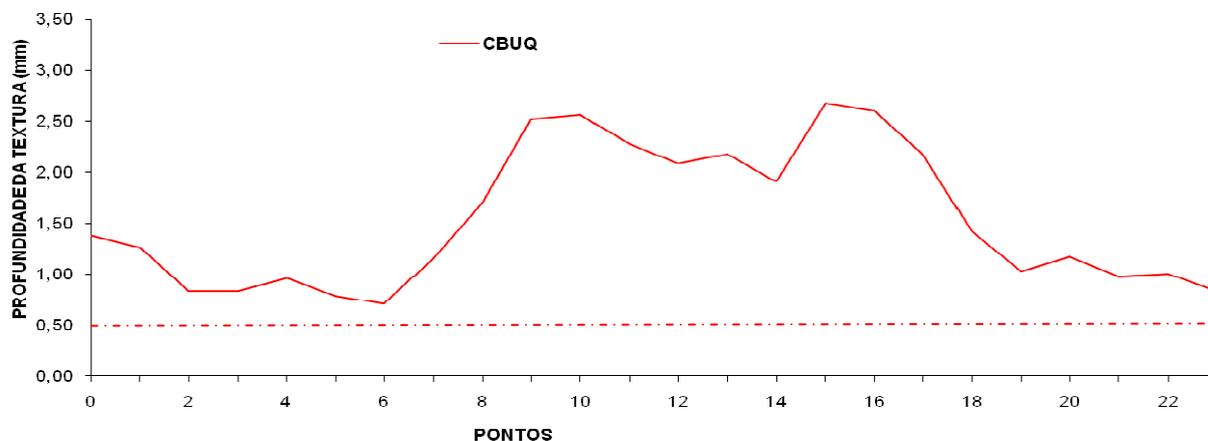


Figura 6. Gráfico da macrotextura do revestimento aeroportuário

Verifica-se que existem variações na classificação da textura do revestimento da pista de pousos e decolagens do Aeroporto Internacional de Fortaleza. Apesar disso, destaca-se que toda a pista encontra-se acima do valor de referência, o que garante condições satisfatórias para a segurança das operações, principalmente quando da presença de água sobre o pavimento.

As variações constatadas anteriormente devem-se ao fato do movimento operacional corrente sobre o pavimento da pista. Observa-se no trecho inicial, onde ocorrem cerca de 98 % das operações de pousos e decolagens, a tendência da textura para a classificação Grosseira/Aberta à Média. Especificamente para esta última classificação, verifica-se que os pontos 5 e 6 do gráfico da Figura 6, correspondente aos 600 m e 700 m iniciais, estão assim qualificados. Isso pelo fato de ser, na maioria dos casos, o ponto de toque das aeronaves durante os procedimentos de pouso e tal situação provocar um acúmulo de borracha desprendida dos pneus das aeronaves, além do consequente desgaste do revestimento.

No terço médio da pista, assim como no início do terceiro terço, aproximadamente entre os pontos 8 e 18, verifica-se a predominância da classificação Muito grosseira/Muito aberta, com valores bastante elevados se comparados aos demais. Nesse trecho ocorre o rolamento e deslocamento das aeronaves com velocidade decrescente nas operações de pousos e crescente na decolagem. Tal condição é favorável ao atrito necessário às aeronaves durante esses procedimentos.

Nos pontos finais, nota-se uma classificação Grosseira/Aberta, semelhante ao que ocorre nos trechos iniciais da pista. Nessa área, ocorrem raros pousos, cerca de 2 % de todo o movimento operacional anual, a depender das condições meteorológicas. Por outro lado, a grande maioria das frenagens, após o pouso na cabeceira oposta, e dos giros dos pneus das aeronaves para saída da pista de pousos e decolagens, ocorrem nessa região. Tal situação, a exemplo do que ocorre nos trechos iniciais da pista, também provoca desgaste no revestimento e a redução na classificação da textura.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos através dos ensaios de Mancha de Areia e apresentados ao longo deste artigo, percebe-se que a classificação da macrotextura é diferente para ambos os revestimentos rodoviários analisados, em TSD e CBUQ, bem como para o mesmo tipo de revestimento, CBUQ, quando comparados rodovias e aeroportos.

Verifica-se que a classificação Muito grosseira/Muito aberta da textura do revestimento em TSD da rodovia Entrº BR 020 – Paramoti assemelha-se ao revestimento em CBUQ da pista de pousos e decolagens do Aeroporto Internacional de Fortaleza, especialmente para o terço médio desta, conforme se apresenta no gráfico da Figura 7.

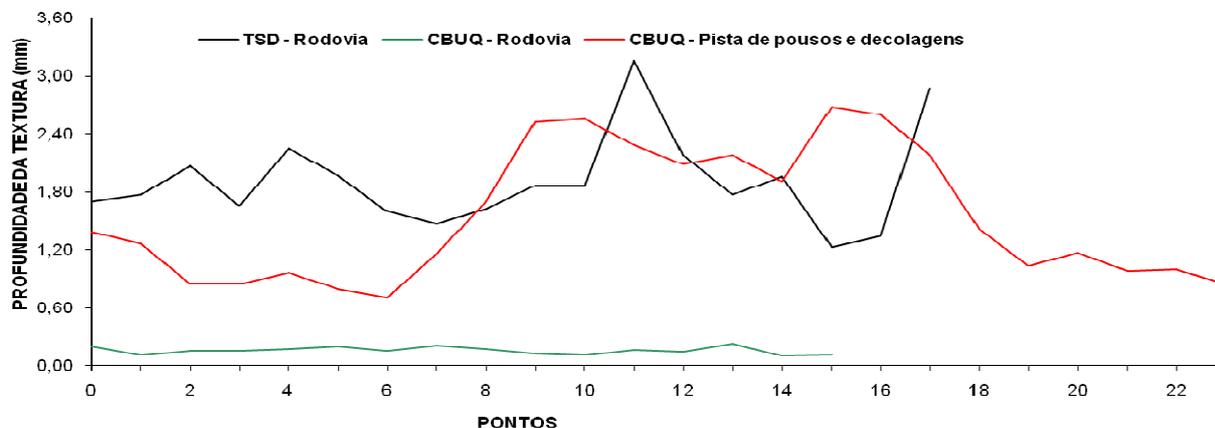


Figura 7. Gráfico comparativo das macrotexturas dos revestimentos rodoviários e aeroportuário

Também pelo gráfico da Figura 7 é possível constatar que não existe relação entre as macrotexturas dos revestimentos em CBUQ da rodovia Entrº Leste para Caucaia – Entrº CE 085/CE 090 – Icarai e da pista de pousos e decolagens do Aeroporto Internacional de Fortaleza. As profundidades da textura obtidas para esse tipo de revestimento específico, assim como a sua classificação, são bastante distintas, pois em nenhum ponto da pista de pousos e decolagens foi obtida classificação Muito fina/Muito fechada, como ocorreu em todos os pontos da rodovia.

Considerando-se a resistência do tráfego à derrapagem que os pavimentos devem proporcionar através dos seus revestimentos, especialmente quando da presença de água, pode-se concluir, diante dos valores apresentados neste artigo, que o revestimento em TSD para a rodovia e em CBUQ para a pista de pousos e decolagens são os que apresentam melhores índices.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABPv (1999) *Informativo técnico sobre avaliação da resistência à derrapagem através de aparelhagem portátil*. Associação Brasileira de Pavimentação. Boletim Técnico, Rio de Janeiro, n. 18.
- ANAC (2009) *Resolução Nº 88, de 11 de maio de 2009*. Agência Nacional de Aviação Civil. Disponível em <http://www.anac.gov.br/biblioteca/resolucao/RA2009-0088.pdf>. Acesso em 01/06/2010.
- ASTM (2001) *Standart Test Method for Measuring Surface Macro Texture Depth using a Volumetric Technique – E-965-96*. Annual book of ASTM Standarts, Road and Paving Materials; Vehicle Pavement Systems, Volume 04.03, USA, 5p.
- BERNUCCI, L. B., MOTA, L. M. G., CERATI, J. A. P. e SOARES, J. B. (2007) *Pavimentação Asfáltica. Formação Básica para Engenheiros*. Petrobras. Abeda. Rio de Janeiro/RJ.
- BOEING (2008) *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents*. Worldwide Operations 1959 – 2006. Boeing Comercial Airplanes. Seattle, Washington.

- DAC (2001) *Requisitos de Resistência à Derrapagem para Pistas de Pouso e Decolagem – IAC 4302*. Instrução de Aviação Civil. Departamento de Aviação Civil. Comando da Aeronáutica. Brasília/DF.
- DNIT (2006) *Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos*. Publicação IPR-720. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro/RJ.
- DNIT (2009) *Estatísticas de Acidentes. Número de acidentes por tipo e gravidade – Quadro 0102*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível em <http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/estatisticas-de-acidentes/quadro-0102-numero-de-acidentes-por-tipo-e-gravidade-ano-de-2009.pdf>. Acessado em 01/06/2010.
- INFRAERO (2009) *Movimento Operacional do Aeroporto Internacional Pinto Martins – Fortaleza*. Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária. Aeroportos. Disponível em <[http://www.infraero.gov.br/aero\\_prev\\_movi.php?ai=58](http://www.infraero.gov.br/aero_prev_movi.php?ai=58)>. Acessado em 31/05/2010.
- LAY, J. B. C. (1998) *Friction and Surface Texture Characterization of 14 Pavement Test Sections in Greenville, North Carolina*. Transportation Research Record 1639, North Carolina, USA.
- LOIOLA, P. R. R., BARROSO, S. H. de A., OLIVEIRA, F. H. L. e NOBRE JÚNIOR (2009) *Análise da macrotextura e microtextura em duas rodovias do Estado do Ceará*. In: IV Simpósio Internacional de Avaliação de Pavimentos e Projetos de Reforço – SINAPRE. Outubro 2009. Fortaleza/CE.
- OLIVEIRA, F. H. L. (2009) *Proposição de Estratégias de Manutenção de Pavimentos Aeroportuários Baseadas na Macrotextura 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.
- OLIVEIRA, F. H. L. e NOBRE JÚNIOR (2009) *Considerações sobre a macrotextura e o atrito na avaliação funcional de pavimentos aeroportuários*. In: IV Simpósio Internacional de Avaliação de Pavimentos e Projetos de Reforço – SINAPRE. Outubro 2009. Fortaleza/CE.
- SILVA, J. P. S. (2007) *Aderência pneu-pavimento aeroportuário: conceitos e generalidades*. In: Congresso de Infra-Estrutura de Transportes – CONINFRA. Ref. 01-53A. São Paulo/SP.
- \_\_\_\_\_ (2008) *Aderência Pneu-pavimento em Revestimentos Asfálticos Aeroportuários*. Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. xix, 134 p., 297 mm. ENC/FT/UnB, Mestre, Geotecnia.
- WUTTKE, E.(2003) *Emprego do Pêndulo Britânico para medir o coeficiente de atrito em pavimentos asfálticos*. In: XVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.