

## **RESUMO**

Este parecer técnico parcial tem por objetivo avaliar alguns resultados recentes, após obras, do revestimento asfáltico empregado na pista principal de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional de Congonhas, São Paulo, quanto às características mecânicas da mistura asfáltica empregada e quanto às características de atrito da superfície do revestimento obtidas com equipamento mu-meter. Os resultados aqui constantes foram obtidos com base nas informações existentes até 18/07/2007. Relatórios técnicos com todas as análises previstas nos contratos em andamento serão entregues dentro dos prazos acordados.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Aeroporto Internacional de Congonhas/São Paulo; Pavimento; Pista principal; Mu-meter

## 1 INTRODUÇÃO

Em atenção à solicitação da INFRAERO, efetuada por meio de mensagem eletrônica datada de 18 de julho de 2007, apresenta-se um Parecer Técnico parcial contendo alguns resultados recentes, circunstanciados às informações disponíveis nessa data, do revestimento asfáltico empregado na pista principal de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional de Congonhas, São Paulo, quanto às características mecânicas da mistura asfáltica empregada como material na camada de rolamento da pista e quanto às características de atrito na superfície da camada de rolamento obtidas por meio de teste com equipamento mu-meter, padronizado internacionalmente para monitoramento de pistas aeroportuárias.

Deve-se ressaltar que Relatórios Técnicos com todas as análises previstas no contrato (Revestimento Asfáltico e Características de Superfície da Pista Principal de Pouso e Decolagem do Aeroporto Internacional de Congonhas, São Paulo) serão entregues pelo IPT nos prazos acordados (27/07, 07/08 e 17/08).

## 2 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO

A camada de rolamento das pistas principal e auxiliar segue o projeto na Faixa 2 das especificações da INFRAERO (SAO/GRL/900.ET-247/R2, página 60). Trata-se de concreto asfáltico usualmente adotado para obras desta natureza, largamente utilizado no Brasil em praticamente todas suas pistas de aeroportos. Atendendo integralmente a faixa de trabalho, foi concebida especialmente para a obra uma curva granulométrica, com a maior quantidade possível de agregados graúdos de forma a maximizar a macrotextura superficial e a área de agregados expostos à superfície, favorecendo o aumento no coeficiente de atrito.

Como medida cautelar, foi adicionada cal CH1 na proporção de 2,0% para melhorar a adesividade ligante/agregado para que a, médio e longo prazos, não venham a ocorrer problemas de desagregação do revestimento. A desagregação do revestimento gera desprendimento de agregados, fato que deve ser fortemente evitado em pistas de aeroportos. Os ensaios realizados para testar a eficiência da cal na adesividade do ligante ao agregado mostraram valores de resistência retida de 89% e 96%, em duas amostras testadas, sendo que o mínimo requerido é de 70%.

Para melhor atender às solicitações da obra, substituiu-se o tipo de ligante asfáltico, passando do convencional CAP 50-70 para o convencional CAP 30-45, aumentando a viscosidade do ligante para reduzir riscos de deformações permanentes futuras, melhoria da durabilidade e melhoria na estabilidade. A minimização de deformação permanente foi requerida para evitar que afundamentos decorrentes da operação de aeronaves viessem a provocar no futuro empoçamentos de água. Uma vez que a deflexão do pavimento é baixa, pode-se utilizar, do ponto de vista estrutural, elevada rigidez da camada de rolamento decorrente de elevada estabilidade. Esta propriedade facilita os serviços de *grooving*. A estabilidade especificada no projeto é de no mínimo 1000kgf (SAO/GRL/900.ET-247/R2, página 62). A estabilidade obtida pela CONCREMAT nos Relatórios RTS04/PP e RTS05/PP foi 1380 e 1370kgf com as misturas asfálticas produzidas para a pista principal. A mistura asfáltica após compactação e resfriamento pode ser considerada tecnicamente como apta para o tráfego de aeronaves, veículos e equipamentos de obras.

Portanto, no que tange à concepção do revestimento asfáltico quanto às suas propriedades mecânicas, esta camada de rolamento atende às especificações de projeto e todas as implementações adotadas adicionaram características positivas.

### **3 CARACTERÍSTICAS DE SUPERFÍCIE DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO A PARTIR DE RESULTADOS DE ATRITO OBTIDOS COM MU-METER**

Neste Parecer Técnico está sendo focada a questão do atrito em pista molhada, medido por meio de equipamento mu-meter, uma vez que este parâmetro é empregado pelos órgãos gestores de pistas aeroportuárias para subsidiar suas decisões para interdições, atividades de planejamento de manutenção da pista ou de notificação de pista escorregadia, de acordo com as especificações de organismos internacional (ICAO-ANEXO 14) e nacional (DAC).

Para fins de uniformização de medidas que permitam a comparação entre pistas de pouso e decolagem, o teste de atrito em pistas novas, existentes ou recapeadas é realizado de forma contínua, com equipamento padronizado e com procedimento de ensaio igualmente padronizado, conforme descrito na ASTM E-670. Para esta finalidade,

os órgãos aeroportuários dispõem mundialmente de equipamentos de medição de atrito do-tipo mu-meter, que possui um sistema espargidor que aplica uma película de água de espessura média de 1,0mm à frente das rodas pneumáticas sensoras, simulando condições de pista molhada. Este equipamento é empregado no Brasil em aeroportos pelo Ministério da Aeronáutica, por meio de sua Diretoria de Engenharia-DIRENG, e pela INFRAERO rotineiramente.

O ANEXO 14 da ICAO *"Padrões Internacionais e as Práticas Recomendadas para Aeródromos"* recomenda valores mínimos de coeficiente de atrito de 0,42 para pistas em serviço (tabela A-1, Apenso A), sendo que abaixo deste valor deve-se informar a possibilidade de pista escorregadia quando molhada. No mesmo documento e tabela citados, quando o atrito atingir valores iguais ou inferiores a 0,52, requerem-se atividades de planejamento e manutenção da pista, porém não sua interdição. No Brasil, o Comando da Aeronáutica, por meio da IAC 4302 *"Requisitos de Resistência à Derrapagem para Pista de Pouso e Decolagem"*, de 2001, estabelece os níveis mínimos de atrito em 0,50 para pistas de pouso, medidos com equipamento mu-meter. Valores abaixo deste limite de 0,50 indicam que deve haver intervenções de manutenção e notificação que a pista encontra-se escorregadia.

Os ensaios realizados pela INFRAERO na pista principal com o mu-meter indicam, em 06 de julho de 2007, coeficiente de atrito de 0,65 na média, na longitudinal distante de 3 metros à direita do eixo central, e de 0,70 na média, na longitudinal distante de 3 metros à esquerda do eixo central. Em 13 de julho de 2007, o coeficiente de atrito medido foi de 0,68 a 3 metros à direita do eixo central e de 0,73 a 3 metros à esquerda do eixo central. Estes locais de ensaio são selecionados normalmente para a realização do teste por serem as áreas de maior probabilidade de toque dos pneus da aeronave nos pousos.

Observa-se que após abertura da pista ao tráfego de aeronaves, há uma pequena tendência do coeficiente de atrito aumentar devido ao início de exposição da superfície dos agregados. Este fato pode ser evidenciado pela comparação entre os valores médios obtidos nos dias 06/07/07 e 13/07/07. Com a utilização contínua da pista, ocorre normalmente o processo de acúmulo de resíduo de borracha dos pneus das aeronaves na superfície. Com esta nova situação, o atrito volta a ser levemente reduzido com o

tempo. Ressalta-se que as ações de intervenção na pista com os serviços de remoção de boiçraça devem seguir as recomendações da ICAO.

Os valores encontrados nos dois monitoramentos recentemente realizados, mostram-se acima dos valores recomendados do ponto de vista de atrito em pista molhada, tendo em vista os limites recomendados internacionalmente (ICAO-ANEXO 14) e nacionalmente (DAC). Ressalta-se ainda que estes patamares de valores de atrito foram alcançados sem a execução de *grooving*.

Os valores médios de atrito citados ou obtidos com o equipamento mu-meter são restritos às condições prescritas no procedimento de ensaio e devem ser empregados para subsidiar o órgão aeroportuário para as tomadas de decisões ou de emissão de notificações. Ressalta-se que as condições de ensaio não simulam todas as situações passíveis de ocorrência.

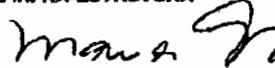
Pela análise realizada, no que tange às condições de superfície do revestimento asfáltico, os valores medidos de atrito pela INFRAERO na pista principal por meio do equipamento mu-meter, na situação atual, revelam-se acima dos limites mínimos especificados.

#### 4 OBSERVAÇÕES FINAIS

Relatórios Técnicos com todas as análises previstas em contrato vigente serão entregues pelo IPT nos prazos acordados, 27 de julho, 7 de agosto e 17 de agosto próximos.

São Paulo, 19 de julho de 2007.

CENTRO DE TECNOLOGIA DE OBRAS  
DE INFRA-ESTRUTURA



Engª Dra. Marcia Aps  
Diretora do Centro Interina  
CREA 0601305965 - NRE 2498.2

## **EQUIPE TÉCNICA**

**Seção de Vias Terrestres e Estruturas**

**Gerente do Projeto: Eng<sup>a</sup> Doutora Marcia Aps**

**Eng<sup>a</sup> Mestre Elieni Guimarães Barbosa Strufaldi**

## **Consultoria**

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Liedi Légi Bariani Bernucci – Professora Titular do Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**