

CONSIDERAÇÕES SOBRE A FORMAÇÃO DE LÂMINA D'ÁGUA EM PISTAS DE POUSO E DECOLAGEM DE AEROPORTOS

Giovano Palma¹

Lucius De Albuquerque Prado²

Artigo submetido em: 30/08/2011

Aceito para publicação em: 20/10/2011

RESUMO: Devido à existência de uma lâmina d'água sobre o pavimento de uma pista de pouso e decolagem - PPD, uma aeronave que trafega em PPD nessas condições pode estar sujeita ao fenômeno conhecido como hidroplanagem que consiste, basicamente, da perda de contato entre o pneu e o pavimento. A *International Civil Aviation Organization* – ICAO bem como a regulamentação brasileira estabelecem que ações corretivas devem ser executadas quando há acúmulo de água de aproximadamente 3 mm, que é tida como a profundidade crítica de hidroplanagem. A regulamentação brasileira permite a medição da lâmina d'água em PPD por meio de qualquer equipamento que seja móvel, tenha precisão milimétrica e capacidade de medida de até 10 mm. Nesse sentido, os equipamentos existentes atualmente só permitem a realização de medidas pontuais, o que não satisfaz aos requisitos da ICAO. Outra possibilidade é a estimativa da profundidade da lâmina d'água por meio de métodos empíricos e analíticos apresentados neste trabalho. Diante da dificuldade de se fabricar um equipamento adequado para medir altura de camadas de água sobre PPD ou de se estabelecer equações baseadas nas leis universais da hidráulica, busca-se trabalhar de forma proativa visando garantir as condições de drenagem do pavimento, tópico também apresentado. Por fim, faz-se um panorama sobre os requisitos existentes sobre hidroplanagem na regulamentação nacional e internacional, bem como se avalia a necessidade de o Estado brasileiro definir requisitos quanto ao projeto, manutenção e aplicabilidade de tratamentos superficiais, similarmente ao que é feito pelo órgão regulador da aviação americana.

PALAVRAS CHAVE: Drenagem. Hidroplanagem. Lâmina d'água.

1 INTRODUÇÃO

A presença de uma lâmina d'água sobre o pavimento de uma pista de pouso e decolagem pode levar uma aeronave trafegando sobre a superfície da mesma ao fenômeno conhecido como hidroplanagem ou aquaplanagem, que consiste basicamente da perda de contato entre o pneu e o pavimento.

Essa perda de contato ou descolamento do pneu em relação à superfície do pavimento tem como referencial a existência de uma lâmina d'água superior a 3 mm (três milímetros), que é a espessura crítica de hidroplanagem, conforme estabelecido no item 2.4 do Capítulo 2 do DOC 9137/*Part 2* publicado pela

¹ Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria e Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo. Atualmente é Especialista em Regulação de Aviação Civil na Agência Nacional de Aviação Civil. giovanopalma@gmail.com

² Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás e Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás. Atualmente é Especialista em Regulação de Aviação Civil na Agência Nacional de Aviação Civil. Luciusap@gmail.com

International Civil Aviation Organization - ICAO e levada em consideração nos estudos de desempenho das aeronaves (ICAO, 2002).

Quando uma aeronave aquaplanada pode ocorrer a perda de seu controle direcional e, desse modo, levar ao acontecimento de incidentes e acidentes com a consequente perda de vidas humanas. Dessa forma, se faz mister manter o controle dos fatores que podem levar ao surgimento desse fenômeno a fim de mitigar ou até mesmo eliminar sua ocorrência e potenciais consequências.

Normalmente o acúmulo de água ocorre em locais da superfície do pavimento com algum tipo de defeito. O mais comum é o acúmulo de água sobre um remendo executado sem a observância de concordância com o pavimento adjacente, ou seja, quando não são respeitadas as declividades de projeto, como pode ser observado na Figura 01, podendo também ocorrer em regiões afetadas por deformações permanentes como, por exemplo, regiões de trilhas de roda.



FIGURA 01 - Empoçamento de água

Fonte: Autor

A determinação da espessura da lâmina d'água normalmente é atribuída ao operador do aeródromo o qual, por sua vez, repassa a informação obtida ao serviço de tráfego aéreo e este, aos aeronavegantes. O desenvolvimento dessa atividade na pista é de grande responsabilidade e guarda certo grau de dificuldade e incerteza na sua quantificação, devido principalmente ao fato de a ordem de grandeza ser milimétrica, bem como às condições climáticas no instante da avaliação e aos equipamentos de medição possíveis de ser utilizados.

Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo discorrer sobre algumas formas possíveis de se realizar a medição da lâmina d'água com base no preconizado pela regulamentação brasileira e recomendado por organismos internacionais. Objetiva-se, ainda, tecer comentários a respeito de medidas que

possam evitar a formação dessa camada de água e, finalmente, instigar o leitor à discussão e reflexão sobre assunto tão importante para a manutenção da segurança operacional.

2 ASPECTOS REGULATÓRIOS

A ICAO, por meio do item 2.4, do Capítulo 2 do DOC 9137/Part 2 (ICAO, 2002), estabelece que ações corretivas devem ser executadas quando há acúmulo de água de aproximadamente 3 mm, que é a profundidade crítica de hidroplanagem, conforme a seguir:

Remedial action is required when it is found that the ponds are greater than a mean critical aquaplaning onset depth (approximately 3 mm) since aquaplaning, once started, can be sustained on a wet runway by a much smaller depth of water (ICAO, 2002).

Seguindo a recomendação da ICAO, a Instrução de Aviação Civil IAC 139-1001 (BRASIL, 2004) que se aplica a aeroportos que tenham embarcado e desembarcado mais de um milhão de passageiros no ano anterior ao corrente, ratifica no item 5.5.5.4, essa espessura crítica de hidroplanagem, estabelecendo que medidas corretivas de manutenção devem ser reportadas sempre que for constatada depressão na pista de pouso e decolagem que permita empoçamento de água com lâmina superior a 3 mm.

Ainda de acordo com a referida IAC 139-1001 (BRASIL, 2004), em seu item 5.5.5.5 temos que o operador de aeródromo deve solicitar a expedição de NOTAM informando as condições de pista escorregadia quando a lâmina de água ultrapassar a espessura crítica de hidroplanagem e a ação corretiva, para evitar o empoçamento de água ou deficiências no seu escoamento, não puder ser adotada oportunamente.

Importante deixar claro a não correlação da hidroplanagem com o coeficiente de atrito, ou seja, havendo presença de água em quantidade e altura suficiente para formar uma película que não permita o contato do pneu da aeronave com a superfície do pavimento, temos que a hidroplanagem irá ocorrer independente do coeficiente de atrito existente onde está localizado o acúmulo de água. Afirmação esta corroborada pela Nota do item 5.5.5 da IAC 139-1001 (BRASIL, 2004) que estabelece:

Nota: deve-se considerar que a ocorrência de hidroplanagem independe do coeficiente de atrito molhado, pois esta é caracterizada pela perda de contato do pneu com o solo e, uma vez ocorrida a

hidroplanagem em uma roda ou conjunto de rodas da aeronave, o restabelecimento do contato do(s) pneu(s) acontece em velocidades muito inferiores à velocidade inicial de hidroplanagem, aumentando significativamente os riscos de incidentes ou acidentes (BRASIL, 2004).

A determinação do coeficiente de atrito das pistas de pouso e decolagem pode ser feita por qualquer um dos equipamentos listados na Tabela 01 da Resolução ANAC nº 88 (ANAC, 2009), seguindo demais orientações contidas na referida Resolução e na IAC 4302 (BRASIL, 2001). Nesse sentido, percebe-se que a regulamentação brasileira assume um caráter prescritivo.

Entretanto, quando se trata de instrumentos ou equipamentos para avaliar a profundidade da lâmina d'água, a regulamentação brasileira tem um caráter mais orientativo que com referência à determinação do coeficiente de atrito. Isso fica evidenciado pelo item 5.5.5.3 da IAC 139-1001 (BRASIL, 2004) que estabelece:

O nível de água na pista de pouso e decolagem deve ser medido empregando instrumentos que tenham mobilidade, com precisão em escala milimétrica e possa medir a espessura de lâmina de água até 10 mm (dez milímetros), no mínimo (BRASIL, 2004).

Dessa forma, pode-se inferir da leitura do item 5.5.5.3 citado anteriormente que a medição da lâmina d'água em pavimentos aeroportuários pode ser realizada por qualquer instrumento que tenha mobilidade e que seja capaz de medir a lâmina d'água com precisão milimétrica de uma espessura de até 10 mm. É possível ainda afirmar que não há necessidade de que a medição da lâmina d'água deva ser feita por equipamento homologado ou certificado por órgão certificador ou regulador, tendo em vista que não consta da regulamentação em vigor requisito contendo tal exigência.

Já o item 5.5.5.4 da IAC 139-1001 (BRASIL, 2004) reproduzido a seguir, prescreve a obrigação de realizar monitoramento das condições da superfície do pavimento por parte do operador do aeródromo a fim de detectar possíveis locais em que possam haver acúmulo de água, como ilustrado na Figura 01, assim como, induz à necessidade de adoção de ações corretivas a fim de recuperar a região pavimentada com defeito. Todavia, não estabelece orientação quanto à necessidade de realizar medidas durante ou após a precipitação.

Medidas corretivas de manutenção devem ser reportadas sempre que for constatada depressão na pista de pouso e decolagem que permita empoçamento de água com lâmina superior a 3 mm (três milímetros) acima da superfície do pavimento que é a espessura

crítica de hidroplanagem, de acordo com o Doc. 9137 da ICAO, Parte 2, item 2.4 (BRASIL, 2004).

Adicionalmente, o referido item não especifica qual seria a dimensão da depressão nem sua localização e situação na pista de pouso e decolagem, ou seja, em tese uma pequena depressão de 5,0 x 5,0 cm próximo à borda da pista com acúmulo de água superior a 3 mm estaria levando à necessidade de se adotar ações corretivas da mesma forma que em uma depressão de 10 x 400m localizada dentro dos 12 m centrais da pista e situada próxima ao ponto de toque.

Evidentemente, a 2ª suposição proporciona maiores riscos à segurança operacional que a 1ª situação, a qual não oferece risco passível de ser quantificado nas operações. Entretanto, pode-se considerar que as duas levariam à necessidade de intervenção no pavimento a fim de atender ao requisito ora discutido.

3 MÉTODOS DE MEDIÇÃO

3.1 Instrumentos de Medição

Conforme discutido anteriormente, considerando a regulamentação brasileira em vigor, a medição da lâmina d'água em pavimentos aeroportuários pode ser realizada por qualquer equipamento desde que sejam atendidas algumas condicionantes, tais como: mobilidade, precisão milimétrica e capacidade de medida de até 10 mm. Baseado nessa constatação, a seguir são feitas algumas considerações e discussões a respeito de possíveis equipamentos de medição.

O equipamento em questão pode ser, por exemplo, composto por uma régua comum ou um paquímetro (Figura 02), os quais deverão fazer parte das inspeções nas ocorrências de precipitações sobre a pista de pouso e decolagem.



FIGURA 02 - Paquímetro e Régua milimétrica

Fonte: Autor

No caso de se utilizar a régua, seria recomendável que a mesma fosse padronizada, de forma que se possa ter um único tipo de equipamento para medição em todos os aeroportos, e assim, permitir alguma unificação na expedição de resultados. Exemplificando, pode ser adotada como instrumento de medida, uma régua metálica, com a indicação de “zero” na parte em contato com o pavimento. A

utilização da régua metálica deve-se ao fato desta sofrer menores deformações devido à variação de temperatura, desgaste da numeração e maior durabilidade.

De forma análoga, pode ser padronizado instrumento específico, consistindo de vários discos de espessuras conhecidas como, por exemplo, 1 mm, 2 mm e 3 mm. O conjunto seria, então, disposto sobre a superfície do pavimento e indicaria a espessura da lâmina d'água à medida que os discos forem sendo submersos pela água. Assim, o instrumento seria utilizado durante as inspeções em toda a extensão da pista, em períodos estabelecidos em função da precipitação do momento.

Um fator que dificulta a utilização desses 3 possíveis instrumentos consiste no fato de que a espessura crítica de hidroplanagem (3 mm) é, por si só, muito pequena para ser medida, o que dificulta a leitura visual direta dos valores no instrumento de medição, tendo em vista a ordem de grandeza ser milimétrica. Ainda, salvo empoçamentos isolados, a medição de lâmina d'água se feita no decorrer de uma precipitação apresenta desvantagem, uma vez que o próprio ato de se medir cria uma região ao redor do instrumento de medida que propicia a elevação da altura da lâmina d'água, devido à interrupção do escoamento no local de medição (formação de vórtices).

Equipamentos com aporte tecnológico já existem no mercado internacional, como o equipamento finlandês VAISALA DRS511/DRS511B (Figura 03) que, segundo catálogo do fabricante, é capaz de medir altura de água de 0,0 mm até 8,0 mm com acurácia de 0,1mm. Na mesma linha, a empresa francesa Rincent BTP Services desenvolveu equipamento similar com o intuito de realizar medições de película de água. Cumpre salientar que, em relação à aplicação prática desses equipamentos em aeroportos não foi encontrado no meio técnico pelos autores deste artigo publicações com valor científico.



FIGURA 03 - Equipamento DRS511/DRS511B – Fabricante VAISALA.
Fonte: Autor

É importante observar que os métodos citados anteriormente apresentam algumas desvantagens como, por exemplo, o fato de as medidas serem pontuais, havendo a necessidade de leituras em vários locais da pista; a possibilidade de ocorrer morosidade na avaliação e impacto nas operações; a necessidade de várias medições em determinado período de tempo, uma vez que, quanto maior a intensidade de chuva, maior a probabilidade de se formar lâmina d'água e, deste modo, maior a quantidade de inspeções necessárias.

Por fim, importante salientar o reconhecimento por parte da ICAO da necessidade de se adotar ações no sentido de melhorar e manter as condições de drenagem, tendo em vista dificuldade de se medir e padronizar um equipamento adequado à medição de lâmina d'água, conforme contido no item 2.1.10 – Capítulo 2 do DOC 9137/*Part 2* (2002) a seguir reproduzido.

Although possible, it would not be practical to develop a device that could meet all of the above requirements; it is preferable to develop programmes aimed at improving the surface texture and drainage of runways rather than measuring the water depth. The devices could only be of some significance in rare cases of extremely heavy rain. Even assuming that a device meeting the specified requirements is developed, another big difficulty appears to be the number and location of devices needed for a runway. In light of the above, it has been concluded that standardization of water depth measuring devices with the object of measuring runway friction is not practical.(grifo nosso) (ICAO, 2002).

3.2 Métodos empíricos e analíticos

Diante das dificuldades relatadas, uma alternativa para determinar a altura da lâmina de água pode ser buscada por meio do uso de métodos empíricos e analíticos. O emprego de métodos empíricos fundamenta-se na utilização de equações elaboradas por pesquisadores de diversos países a partir de medições de lâmina d'água realizadas durante diversas variações de intensidade de chuva. Baseiam-se na correlação da altura da lâmina d'água em função da intensidade de chuva a partir de experimentos realizados. Já a metodologia analítica formula equações com base nas leis universais da hidráulica, as quais regem o escoamento de fluidos sobre uma determinada superfície.

A intensidade de chuva pode ser definida como sendo a quantidade de chuva por unidade de tempo para um período de recorrência e duração previstos. Sua determinação pode ser realizada através de análises de curvas que relacionam

intensidade/duração/frequência, elaboradas a partir de uma série histórica de dados pluviográficos obtida ao longo de vários anos de observações.

Alguns municípios como Rio de Janeiro e São Paulo utilizam a intensidade de chuva com o objetivo de emitir boletins de alerta à população sempre que houver previsão de chuvas intensas que possam gerar inundações de vias públicas e/ou acidentes geotécnicos em encostas (deslizamentos). Provavelmente, com o intuito de facilitar a compreensão da população e estabelecer faixas de classificação em função da intensidade de chuva, a Secretaria Municipal de Obras do Município do Rio de Janeiro tem disponível no seu sítio na rede mundial de computadores, a classificação reproduzida na Tabela 01.

TABELA 1- Classificação da chuva

Conceitos	Intensidade de chuva
Chuva leve	1,1 – 5 mm/h
Chuva moderada	5,1 – 25 mm/h
Chuva forte	25,1 – 50 mm/h
Chuva muito forte	Acima de 50 mm/h

Fonte: Fundação Instituto de Geotécnica do Município do RJ

Para medir a intensidade de chuva pode ser utilizado o pluviógrafo, que é um equipamento utilizado para coletar e registrar, continuamente no tempo, a intensidade das chuvas. Os registradores são dotados de um coletor que apra a precipitação e, assim, torna-se possível traçar a curva representativa da chuva com o tempo, sobre um diagrama apropriado (pluviograma).

A idéia básica da utilização desses métodos, empíricos ou analíticos, consiste em estabelecer um parâmetro de intensidade de chuva, o qual seria condição limite ou determinante para a realização das operações no aeroporto. Dessa forma, a partir da intensidade máxima de chuva fixada para um determinado aeroporto, as operações de pouso e decolagem ficariam suspensas até que o valor da intensidade retorne aos limites permitidos para a operação.

As fórmulas empíricas têm sido empregadas em alguns países como Austrália, Nova Zelândia e Estados Unidos para estimativa da altura da lâmina d'água sobre pavimentos rodoviários. Exemplificando, o Ministério do Trabalho e Desenvolvimento, órgão regulador da Nova Zelândia, estabelece uma altura máxima de 4 mm de lâmina d'água para aprovação de projetos rodoviários. Tal altura varia

em função da estimativa da intensidade de chuva de projeto na localidade a ser construída a obra. Infere-se que, se a intensidade de chuva em um determinado momento após a conclusão da obra for superior à intensidade de projeto, a altura da lâmina d'água será superior ao estabelecido pelo referido órgão regulador.

As fórmulas obtidas com base em métodos empíricos e analíticos apresentam como vantagem a determinação de um valor de intensidade de chuva máximo para a manutenção das operações em dado aeroporto. Assim, esse valor, variável para cada aeroporto, seria obtido em função de diversas características físicas do pavimento, tais como: tipo de revestimento, profundidade da macrotextura, coeficiente de escoamento superficial, dimensões e declividades da pista, entre outros parâmetros.

Deve-se atentar também que para o uso desses métodos considera-se normalmente que as declividades envolvidas sejam constantes, ou seja, não é levado em conta locais com desnível na pista que propiciem empoçamentos (ex. remendos desnivelados).

De uma forma ampla, para aquelas localidades que não dispõe de equações definidas pode-se adotar, com as devidas reservas, equações já determinadas para regiões climatologicamente similares, ou seja, regiões próximas. Tal procedimento é utilizado no dimensionamento de obras de drenagem urbana, barragens, canais, telhados, dentre outros sistemas.

4 MEDIDAS POSSÍVEIS DE MINIMIZAR A FORMAÇÃO DE LÂMINA D'ÁGUA

Em face do já discutido e considerando que, em especial, a utilização de dispositivos ou equipamentos apresenta dificuldades práticas e que expressões analíticas ou empíricas sobre determinação da espessura de lâmina d'água ainda carecem de maiores estudos e validação in loco, a seguir discorre-se sobre algumas ações que podem ser adotadas nos aeroportos a fim de mitigar a possibilidade de formação de película de água sobre os pavimentos das pistas de pouso e decolagem e, assim, reduzir a probabilidade de hidroplanagem.

Diante da dificuldade de se fabricar um equipamento adequado e apto a medir altura de camadas de água sobre o pavimento, assim como, da dificuldade em se estabelecer equações baseadas nas leis universais de hidráulica, a idéia básica é trabalhar de forma proativa no sentido de inserir e manter determinadas características dos pavimentos de forma que a água precipitada sobre a pista seja, o mais rápido possível, conduzida para fora dos limites da mesma.

Isso vai ao encontro do indicado no item 2.1.10 – Capítulo 2 do DOC 9137/Part 2 (2002), o qual afirma que é preferível desenvolver procedimentos ou programas que promovam a melhoria das características de drenagem e textura, ao invés de medir a espessura da lâmina d'água.

Although possible, it would not be practical to develop a device that could meet all of the above requirements; it is preferable to develop programmes aimed at improving the surface texture and drainage of runways rather than measuring the water depth.(grifo nosso) (ICAO, 2002).

A manutenção das inclinações transversal e longitudinal do pavimento de uma pista ao longo de sua vida útil, combinado com uma boa gerência de pavimentos e, conseqüentemente de ações de manutenção, colaboram para a melhoria da qualidade e durabilidade do pavimento, de modo que se evite a existência de afundamentos e reparos localizados em desacordo com o preconizado em projeto ou constante em regulamento (Figura 01).

Outro fator a ser considerado é o acúmulo de borracha proveniente do desgaste dos pneus das aeronaves com o pavimento. Normalmente o acúmulo de borracha está concentrado nos 12 metros centrais da pista e estende-se ao longo da zona de toque, região esta na qual se espera que as aeronaves no pouso efetuem seu primeiro contato com o pavimento da pista. Com o passar do tempo esse depósito de borracha, além de obstruir a sinalização horizontal, pode tornar aquela zona da pista de pouso e decolagem passível de estar escorregadia quando molhada.

Nesse sentido, a instrução americana AC 150/5320-12C (1997) publicada pela *Federal Aviation Administration - FAA* traz no seu item 3.1 do Capítulo 3 pertinente observação quanto à possibilidade do acúmulo de borracha na superfície do pavimento impactar no desempenho direcional e de frenagem das aeronaves em condições de pista molhada.

Heavy rubber deposits can completely cover the pavement surface texture thereby causing loss of aircraft braking capability and directional control when runways are wet (ESTADOS UNIDOS, 1997).

A contribuição do acúmulo de borracha (Figura 04) para formação de lâmina d'água consiste no fato de que esses depósitos de borracha ocupam o espaço vazio da superfície do pavimento reduzindo a profundidade da macrotextura e, conseqüentemente, a capacidade de drenagem ou o escoamento superficial. Desse

modo, considera-se que a remoção de depósitos de borracha é um eficiente mecanismo de controle eficiente para se evitar a formação de lâminas d'água.



FIGURA 04- Acúmulo de borracha

Fonte: Autor

No intuito de buscar retirar a água o mais rápido possível da pista de pouso e decolagem e obter ganhos na capacidade de drenagem, podem-se promover algumas melhorias na superfície do pavimento, como a execução de ranhuras transversais conhecidas como grooving (Figura 05), presente em aeroportos como o de Guarulhos, Brasília e Congonhas, assim como, pela execução de um revestimento asfáltico de característica aberta tipo camada porosa de atrito – CPA (Figura 06), encontrada nas pistas dos aeroportos Santos Dumont e Confins.



FIGURA 05 - Ranhuras transversais (grooving)

Fonte: Autor



FIGURA 06 - Camada Porosa de Atrito
Fonte: Autor

A importância desses revestimentos superficiais na melhoria das condições de drenagem e prevenção da hidroplanagem encontra respaldo na recomendação feita pelo FAA no sentido de que a existência de grooving é considerada de alta prioridade para a segurança operacional nas pistas com operação de aeronaves a jato.

Grooving of all runways, serving or expected to serve turbojet aircraft, is considered high priority safety work and should be accomplished during initial construction. (Item 2.16 - Cap 2 AC 150/5320-12C - ESTADOS UNIDOS, 1997).

Nessa linha, consta do mesmo documento normativo do citado órgão regulador norte-americano que, pesquisas realizadas nos Estados Unidos e Reino Unido concluíram que pavimentos com revestimento superficial do tipo CPA tiveram índices de atrito elevados e bons resultados na prevenção do acúmulo de água devido à boa percolação da água pelos seus vazios em direção a borda da pista.

Other research conducted both in the United Kingdom and the United States determined that an open graded, thin hot-mix asphalt (HMA) surface course called "porous friction course" (PFC) also could achieve good results. This permits rain water to permeate through the course and drain off transversely to the side of the runway, preventing water buildup on the surface and creating a relatively dry pavement condition during rainfall. The FAA Technical Center study demonstrated that a high level of friction was maintained on PFC overlays for the entire runway length (Item 1.3 – Capítulo 1 da AC 150/5320-12C- ESTADOS UNIDOS, 1997).

Outro fator relevante a ser considerado é o estado de conservação das valetas de drenagem de uma pista de pouso e decolagem, uma vez que sua obstrução impede o escoamento superficial da água provocando, em situações extremas, seu transbordamento e conseqüentemente alagamento da superfície do pavimento.

Em menor escala, as condições de drenagem do solo adjacente à pista de pouso e decolagem também influenciam a formação da lâmina d'água, tendo em vista que com a ocorrência de chuvas em sequência o solo vai sendo saturado e, dessa forma, a permeabilidade do mesmo tende a diminuir.

5 CONCLUSÕES

A regulamentação brasileira atual, em linha com o preconizado pela ICAO, estabelece 3 mm (três milímetros) como sendo a espessura crítica de hidroplanagem. Contudo, as legislações em tela ainda são omissas quanto ao estabelecimento de uma metodologia ou de um instrumento que possibilite a medição do acúmulo de água na superfície do pavimento, limitando-se apenas em definir algumas características que o equipamento deve possuir.

O uso de réguas, paquímetros ou discos com espessuras preestabelecidas podem ser utilizados como instrumentos secundários para medição de acúmulos d'água pontuais ou isolados sobre o pavimento. Entretanto, sua utilização como instrumentos principais não parece ser viável operacionalmente, considerando-se a morosidade e o impacto nas operações devido à necessidade de leituras pontuais em vários locais da pista e, principalmente, a dificuldade em se avaliar uma grandeza milimétrica sob condições adversas.

A associação da intensidade de chuva com a altura da lâmina de água em uma pista de pouso e decolagem pode ser uma alternativa mais precisa e viável, tanto técnica quanto operacionalmente, para a tomada de decisões relacionadas à manutenção das operações aéreas, necessitando, entretanto, de maiores estudos e validação prática.

Considerando-se a dificuldade de se padronizar um equipamento apto e adequado a medir espessuras de água sobre a superfície de pavimentos aeroportuários, assim como, do estabelecimento de equações baseadas nas leis universais da hidráulica, entende-se que a mitigação da possibilidade de hidroplanagem deve ter como foco principal ações a fim de se evitar a formação de acúmulo de água sobre a superfície da pista.

Nesse sentido, considera-se que a existência de ranhuras transversais (*grooving*), revestimentos superficiais tipo camada porosa de atrito e manutenção das declividades transversais e longitudinais da pista são fatores determinantes para mitigação do risco associado à possibilidade de perda do controle direcional da aeronave devido ao acúmulo de água sobre a pista.

O Estado brasileiro necessita definir requisitos quanto ao projeto, manutenção

e aplicabilidade de revestimentos superficiais tipo *grooving* e camada porosa de atrito, similarmente ao que é feito pelo FAA para os aeroportos sob sua fiscalização.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). **Resolução nº 88**: Revoga o item 3.1 do capítulo 3 da IAC 4302-0501, estabelece parâmetros em testes de calibração e de monitoramento de atrito em pistas de pouso e decolagem e dá outras providências. 2009

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil. **IAC 4302**: Requisitos de resistência à derrapagem para pistas de pouso e decolagem. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **IAC 139-1001**: Manual de Operações do Aeroporto. Portaria DAC nº 531/DGAC, de 02 de junho 2004. Rio de Janeiro, 2004

ESTADOS UNIDOS. Federal Aviation Administration. **AC 150/5320-12C: Measurement, construction, and maintenance of skid-resistant airport pavement surfaces**. Washington, DC: FAA, 1997.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE GEOTÉCNICA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. **Alerta Rio**. Disponível em: <<http://www2.rio.rj.gov.br/georio/site/alerta/alerta.htm>>. Acesso em: 02 ago. 2011.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Airport Service Manual: Pavement Surface Conditions** (DOC 9137). Part 2. 4. ed. Montreal: ICAO, 2002.

CONSIDERATIONS ON SURFACE WATER ACCUMMULATION ON AIRPORT RUNWAYS

ABSTRACT: Due to the existence of a water film on the runway surface, an aircraft moving on such runway can be subject to the hydroplaning phenomenon, which is basically the loss of contact between the tire and the pavement. The International Civil Aviation Organization – ICAO, as well as the Brazilian regulation, establishes that corrective actions should be taken when the accumulation of water reaches approximately 3 mm, which is regarded as the hydroplaning critical depth. Brazilian rules allow the measurement of water depth on runways by means of any device that is mobile, has accuracy and ability to measure up to 10 mm. Thus, the currently existing pieces of equipment only allow the taking of punctual measurements, which do not meet the ICAO requirements. Another possibility is to estimate the depth of the water film by using the empirical and analytical methods presented in this paper. Given the difficulty of either building an appropriate device for measuring the depth of water layers on the runway or of establishing equations based on the universal laws of hydraulics, we seek to work proactively in order to ensure the conditions for pavement drainage, a topic also shown in this paper. Finally, we present an overview of the existing national and international requirements concerning hydroplaning, in addition to assessing the need of the Brazilian State to define requirements for the design, maintenance and applicability of surface treatments, similar to what is already being done by the American aviation regulatory agency.

KEY WORDS: Drainage. Hydroplaning. Water film.