



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE DA MACROTEXTURA DO PAVIMENTO DA
PISTA DE POUSO E DECOLAGEM DO AEROPORTO
BRIGADEIRO FIRMINO AYRES – PATOS, PB.**

MATHEUS GHRENEDT DE OLIVEIRA CHRISPIM

**POMBAL – PB
2022**

MATHEUS GHRENEDT DE OLIVEIRA CHRISPIM

ANÁLISE DA MACROTEXTURA DO PAVIMENTO DA
PISTA DE POUSO E DECOLAGEM DO AEROPORTO
BRIGADEIRO FIRMINO AYRES – PATOS, PB.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador(a): Prof.(a) Ma. Carla
Caroline Alves Carvalho

POMBAL – PB

2022

C555 Chrispim, Matheus Ghrenedt de Oliveira.

Análise da macrot textura do pavimento da pista de pouso e decolagem do aeroporto Brigadeiro Firmino Ayres – Patos, PB / Matheus Ghrenedt de Oliveira Chrispim. – Pombal, 2022.

61 f. il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2022.

“Orientação: Profa. Ma. Carla Caroline Alves Carvalho”.

Referências.

1. Texturização do pavimento. 2. Ensaio de Mancha de Areia. 3. Infraestrutura aeroportuária, I. Carvalho, Carla Caroline Alves. II. Título.

CDU 625.8(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.

MATHEUS GHRENEDT DE OLIVEIRA CHRISPIM

**ANÁLISE DA MACROTEXTURA DO PAVIMENTO DA
PISTA DE POUSO E DECOLAGEM DO AEROPORTO
BRIGADEIRO FIRMINO AYRES – PATOS, PB.**

Trabalho de Conclusão de Curso do discente MATHEUS GHRENEDT DE OLIVEIRA CHRISPIM aprovado em 26 de Agosto de 2022 pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

Registre-se e publique-se.

Carla Caroline Alves Carvalho

Prof.: Ma. Carla Caroline Alves Carvalho
(Orientador – UFCG)

Larissa Santana Batista

Prof^ª. Dr^ª. Larissa Santana Batista
(Membro Interno – UFCG)

Deividy Kaik
de Lima Araújo

Assinado digitalmente por Deividy Kaik de Lima Araújo
DN: C=BR, OU=Eng. de Tráfego, O=STTRANS,
CN=Deividy Kaik de Lima Araújo,
E=deividykaik@gmail.com
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização: sua localização de assinatura aqui
Data: 2022.05.30 08:24:09-03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 11.2.1

Eng. Deividy Kaik de Lima Araújo
(Membro Externo – STTRans, Patos/PB)

Dedico esse trabalho a todos que acreditaram que seria possível.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida, sem Ele nada seria possível.

A minha família que sempre esteve ao meu lado independente da situação, sem eles eu não seria uma pessoa íntegra e com espelhamento de um coração gigantesco.

Aos meus familiares que ajudaram para que esse sonho se concretizasse.

Agradeço a Camila minha melhor amiga e namorada, que sempre me motivou a ser melhor em tudo que faço e a espalhar o amor seja por onde for.

Aos meus amigos, que sempre estiveram comigo em momentos únicos e verdadeiros em especial Helton, Matheus, Junior, Thayse, Adla, Jefferson, Valdenor, Alexandre, Gabriel, Luiza, Fábio, Adriana, Anne, Gabi, Thauana; entre outros que não citarei pela extensão, mas que sabem que fizeram parte.

Ao CCTA e aos professores que integraram a minha formação acadêmica, em especial a minha orientadora Carla Caroline Alves Carvalho por todos os ensinamentos repassados e acolhidos.

A Pórtico Engenharia Jr., que abriu um leque de conhecimentos dedicados as atividades inerentes da Engenharia Civil.

Aos técnicos de laboratórios que se dedicam ao máximo para que os alunos adentrem no campo de pesquisa.

A UFCG que me moldou nos princípios educativos.

E por fim, agradeço ao meu velho amigo Enzo (*in memorian*), meu fiel cachorro que por dez anos me mostrou que a felicidade precisa ser compartilhada para ser real, em todos os melhores momentos da minha vida que esteve presente não consigo pensar em quais foram os meus preferidos. Eu nunca saberei medir o tamanho do amor que compartilhou em cada detalhe.

“Nossas virtudes e nossos defeitos são inseparáveis, assim como a força e a matéria. Quando se separam, o homem deixa de existir”. Nikola Tesla.

RESUMO

Este trabalho foi realizado na pista de pouso e decolagem do Aeroporto Brigadeiro Firmino Ayres (JPO) localizado na cidade de Patos - PB, com objetivo de Avaliar os resultados obtidos através do ensaio de Macrotextura de Mancha de Areia regulamentados pela Instrução Suplementar (IS) N° 153.205-001(B)/2020 e Resolução RBAC n° 153. O Aeroporto Brigadeiro Firmino Ayres, apresentou 72% dos resultados satisfatórios e 28% não satisfatórios. Em sua classificação de profundidade média realizada através do ensaio de Mancha de Areia obteve-se certa equidade das alturas da Macrotextura. Observou-se que o primeiro terço da cabeceira 12 da pista de pouso e decolagem do Aeroporto possuía acúmulo de borracha, convergindo para uma profundidade abaixo da recomendada pela ANAC. O ensaio possui um grau de importância relevante para determinar as possíveis causas do fenômeno da hidroplanagem em pistas aeroportuárias. Tendo em vista os avanços nos voos diários e as solicitações do pavimento para atender os critérios de segurança, conforto e durabilidade.

Palavras-chave: Texturização do pavimento. Ensaio de Mancha de Areia. Pavimento.

ABSTRACT

This work was carried out on the runway of Brigadeiro Firmino Ayres Airport (JPO) located in the city of Patos - PB, with the objective of evaluating the results obtained through the Macrotexture test of Sand Stain regulated by Supplementary Instruction (IS) No. 153.205-001(B)/2020 and RBAC Resolution No. 153. Brigadeiro Firmino Ayres Airport presented 72% of satisfactory results and 28% unsatisfactory. In its classification of average depth carried out through the Mancha de Areia test, a certain equality of the heights of the Macrotexture was obtained. It was observed that the first third of threshold 12 of the airport's take-off and landing runway had rubber accumulation, converging to a depth below that recommended by ANAC. The test has a relevant degree of importance to determine the possible causes of the hydroplaning phenomenon on airport runways. In view of advances in daily flights and pavement demands to meet safety, comfort and durability criteria

Keywords: Pavement texturing. Sand Stain Test. Paving.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cargas no Pavimento.....	24
Figura 2 - Pavimento Flexível.....	24
Figura 3 - Pavimento Rígido.....	24
Figura 4 - Microtextura e Macrotextura na superfície de um revestimento asfáltico (asfalto e Agregados finos).....	27
Figura 5 - Classificação da superfície dos pavimentos em relação a texturização.....	30
Figura 6 - Relação entre o comprimento λ e as características do revestimento...	32
Figura 7 - Modelo de superfície com Microtextura Rugosa e Macrotextura aberta.....	33
Figura 8 - Modelo de superfície com microtextura rugosa e macrotextura fechada.....	34
Figura 9 - Modelo de superfície com microtextura polida e macrotextura aberta...	34
Figura 10 - Modelo de superfície com microtextura polida e macrotextura aberta...	35
Figura 11 - Hidroplanagem Viscosa.....	36
Figura 12 - Hidroplanagem Dinâmica.....	37
Figura 13 - Hidroplanagem por Desvulcanização.....	38
Figura 14 - Zona de Contato de um Pneu após um evento de hidroplanagem por desvulcanização.....	38
Figura 15 - Grooving.....	40
Figura 16 - Mapa de localização do Município.....	41
Figura 17 - Vista aérea do Aeroporto Brigadeiro Firmino Ayres.....	42
Figura 18 - Localização dos Aeroportos e Aeródromos ativos da Paraíba.....	42
Figura 19 - Localização dos pontos para realização do Ensaio de Mancha de Areia.....	44
Figura 20 - Materiais Utilizados no Ensaio.....	45
Figura 21 - Momentos do ensaio de Macrotextura.....	48
Figura 22 - Percentual dos Resultados Satisfatórios e Irregulares.....	50
Figura 23 - Percentual da Texturização do Pavimento.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis de serventia	26
Tabela 2 – Índice de condição geral.....	26
Tabela 3 – Classificação segundo PIARC.....	28
Tabela 4 – Classificação da textura superficial segundo sua profundidade P	30
Tabela 5 – Classificação da Macrotextura do Pavimento.....	49
Tabela 6 – Frequência mínima de medições de macrotextura.....	52
Tabela 7 – Classificação da Macrotextura do Pavimento para os terços da pista 12/30 ANAC (2016).....	52
Tabela 8 – Classificação da Macrotextura do Pavimento para os terços da pista 12/30 pelo DER-MG (2005).....	53
Tabela 9 – Classificação da Macrotextura do Pavimento para os terços da pista 12/30 pela APS (2006).....	53

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 – Mapa conceitual.....	22
Fluxograma 2 – Dinâmica dos procedimentos.....	43
Fluxograma 3 – Sequência do procedimento.....	45
Fluxograma 4 – Orientações da (IS) N.º 153.205-001(B)/2020.....	47

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Siglas

- ASTM - American Society for Testing and Materials
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
- FAA - Federation Aviation Administration
- ICAO - International Civil Aviation Organization
- INFRAERO - Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
- PCI - Pavement Condition Index
- IATA - International Air Transport Association
- PCN - Número de Classificação de Pavimentos
- RBAC - Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
- NPS - Nível de Pressão Sonora
- DER - Departamento de Estradas de Rodagem
- PPD - Pista de Pouso e Decolagem
- PIARC - Permanent International Association of Road Congresses
- IRI - Índice Internacional de Irregularidade
- OACI - Organização da Aviação Civil Internacional
- CENIPA - Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
- SGPA - Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários

Símbolos

- Q – Carga do Veículo
- V – Velocidade
- σ – Tensão de Compressão
- T_o – Tensão de Cisalhamento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. Justificativa	19
1.2. Objetivos.....	19
1.2.1. <i>Objetivo Geral</i>	19
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	20
1.3. Escopo do Trabalho	20
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 PAVIMENTAÇÃO ASFALTICA	21
2.2 ADERÊNCIA PNEU-PAVIMENTO	24
2.3 DAS CONDIÇÕES FUNCIONAIS	24
2.4 TEXTURA SUPERFICIAL.....	26
2.5 ESCALAS DE TEXTURA	27
2.5.1 <i>Microtextura</i>	27
2.5.2 <i>Macrotextura</i>	28
2.5.7 <i>Megatextura</i>	30
2.5.8 <i>Irregularidade</i>	30
2.6 RELAÇÃO ENTRE TEXTURA SUPERFICIAL E CARACTERÍSTICAS DO PAVIMENTO.....	30
2.7 DRENABILIDADE	31
2.8 HIDROPLANAGEM	34
2.9 MEDIDAS MITIGADORAS DE RISCO	38
2.9.1 <i>Pavimento Drenante</i>	38
2.9.2 <i>Melhoria da Macrotextura</i>	38
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	40
4. METODOLOGIA	42
4.1 Procedimentos Metodológicos.....	42
$HS_i = 4V(i)A(i)$ (1).....	45
$HS = Hs(i)Ntm$ (2).....	45
$HS_m = HSNtt$ (3).....	45
5. RESULTADOS	48
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	53

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXOS.....	59
APÊNDICE (1)	59
Dados brutos	59
APÊNDICE (2)	60
APÊNDICE (3)	61

1. INTRODUÇÃO

O transporte aéreo brasileiro apresenta uma das principais oportunidades apresentadas para desenvolvimento da rede nacional de transporte. Considerando os investimentos previstos até 2035, essa modalidade é uma das mais significativas nos indicadores de acessibilidade, eficiência, sustentabilidade ambiental e segurança, nas Regiões Geográficas Intermediárias, considerado um limite orçamentário, constituem as oportunidades específicas a serem priorizadas nos estudos dos Planos Setoriais (PNL 2021). Afinal, estamos falando em um país com dimensões continentais e com diferenças regionais industriais consideráveis. Os primórdios da aviação comercial brasileira data da década de 1920. A primeira empresa no Brasil a transportar passageiros foi a Condor Syndikat, no hidroavião "Atlântico", ainda com a matrícula alemã D-1012. A extensão do país e a precariedade de outros meios de transporte fizeram com que a aviação comercial tivesse uma expansão excepcional no Brasil. Em 1960, o país tinha a maior rede comercial do mundo em volume de tráfego depois dos Estados Unidos (Aviação Brasil, 2008).

Com um cenário cada vez mais globalizado a dependência do modal aeroviário passou a ser indispensável. As distâncias ficaram cada vez menores e o tempo de deslocamento de A para B, foram reduzidos e mais seguros. Após registrar, em 2019, o maior volume de passageiros transportados desde o início da série histórica da aviação civil brasileira, com 119,3 mi, o modal aéreo brasileiro apresentou números bem menos expressivos em 2020. Sob influência da pandemia de Covid-19, o desempenho desse indicador sofreu forte redução no ano passado, registrando total de 52 milhões de passageiros domésticos e internacionais transportados, valor 56% menor do que foi apurado no ano anterior (ANAC 2021).

Os acidentes aéreos no Brasil em 2021 foram mais fatais que no ano anterior, matando 50 pessoas em 114 acidentes até o dia 10 de novembro, o mesmo número de óbitos registrados em todo ano de 2020, que teve 149 ocorrências segundo dados do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA, 2021).

Estatisticamente 25% dos acidentes aéreos no Brasil acarretaram mortes. Nos últimos 10 anos, já com os números de 2021, foram 1.825 acidentes aéreos e 472 deles foram fatais, com 874 mortes e o ano de 2012 foi o período com mais ocorrências, 205 no total (CENIPA, 2021).

A área de investigação do Cenipa ainda apontou que, desde 2011, 65% dos acidentes tiveram fatores operacionais como principal responsável e 35% ocorreram por fatores humanos. A maior causa dos acidentes nos últimos 10 anos foi falhas de motor, que corresponde a 19,8% dos acidentes, seguida de perto da perda de controle em voo (18,8%). Perda de controle no solo (12,1%) e colisão com obstáculo durante o voo (6,9%) vem em seguida como as principais causas.

Contabilizando os acidentes por segmento, o Cenipa, ainda reitera que as aeronaves particulares são as mais expostas, correspondendo a 40,2% dos casos. Em seguida, os voos experimentais, ligados a voos de teste de novas tecnologias, responsáveis por 16,6% dos acidentes. Voos agrícolas responderam por 15,3% dos acidentes no período, os de instrução, por 13,1%, e 14,8 % de táxi aéreo.

São Paulo é a região onde acontece a maior parte dos acidentes com aeronaves. Desde 2011, o estado registrou 1.372 ocorrências. Em seguida, Minas Gerais, com 533 registros, e o Rio de Janeiro, com 475 acidentes. Só em 2021, o estado de São Paulo já registrou 23 ocorrências, Minas Gerais 15 e o Rio de Janeiro, dois (CENIPA, 2021).

Buscando estabelecer os padrões aos aeroportos e a segurança operacional, foi criada em 1947, a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI). A OACI é uma agência especializada das Nações Unidas criada pelos Estados para gerenciar a administração e a governança da Convenção de Chicago, sendo responsável pela promoção do desenvolvimento seguro e ordenado da aviação civil mundial, por meio do estabelecimento de Normas e Práticas Recomendadas SARPs (do inglês: *Standard and Recommended Practices*), e políticas de apoio para segurança, eficiência e regularidade aéreas, bem como para sustentabilidade econômica e responsabilidade ambiental.

Como Membro-fundador da OACI, o Brasil tem participado ativamente nas discussões e elaboração das normativas e recomendações técnicas emitidas pelo Organismo (ANAC, 2021).

No Brasil, visando o alinhamento normativo com os organismos internacionais foi iniciado em setembro de 2018 um projeto piloto pioneiro na América do Sul para implementação de uma metodologia para avaliar e reportar de forma padronizada a condição atual da superfície da pista chamada de Formato Global de Reporte (GRF), (ANAC, 2021).

Segundo a ANAC (2021) objetivo da metodologia é aumentar a consciência situacional dos pilotos quando estiverem próximos a efetuarem pousos e decolagens. Com o uso do reporte padronizado de condição de pista, torna-se possível transmitir informações em tempo real para tripulações em voo, comunicando sobre o estado da superfície da pista.

A ANAC recomenda a implementação da metodologia GRF, mas esclarece que a sua aplicação ainda não possui natureza normativa no Brasil, portanto, não é de cumprimento obrigatório pelos operadores de Aeródromo.

De fato, outros manuais e instruções de manutenções e serviços regulamentados pela ANAC, como nível de aderência entre o pneu da aeronave e o pavimento, medição de coeficiente de atrito e macrotextura na pista de pousos e decolagens (PPD), possuem importância relevante para garantir a segurança operacional aeroportuária (INFRAERO, 2022).

Ao considerar a infraestrutura aeroportuária, a ANAC regulamenta inspeções suplementares periódicas do ensaio regulamentado pela Instrução Suplementar (IS) N° 153.205-001(B)/2020 e Resolução RBAC nº 153 em pista de rolamento de aeroportos, buscando avaliar as relações “pneu-pavimento” pelo ensaio de macrotextura do pavimento, desenvolvidos neste trabalho. Tais relações devem ser avaliadas fielmente com rigor, pois influenciam nas atividades inerentes dos pilotos e aeronaves em situações de pistas molhadas e sujeitas aos efeitos da água no pavimento. Avaliando-se a capacidade de conforto e segurança no pouso e decolagem.

1.1. Justificativa

O cenário do transporte aéreo no Brasil passou por diversos desafios ao longo do último ano em decorrência da pandemia do novo coronavírus. Atualmente, com o gradual avanço da vacinação em massa, as empresas do modal aéreo estão bastante otimistas com o retorno das atividades.

As cidades médias como Patos, desempenham o papel intermediador de fluxos de pessoas, bens, serviços, ativos financeiros e informações, mediando as relações de poder e acesso aos recursos entre sua zona de influência imediata e as cidades posicionadas no topo da hierarquia urbana (Amorim Filho, 2015). Estas centralidades equilibram o território e estruturam as redes urbanas, estabelecendo relações de complementariedade essenciais para o desenvolvimento urbano e regional (Sposito, 2010).

Esse trabalho de avaliação é um modo de extrair os parâmetros regulamentados, para uma confiabilidade maior entre o pouso e decolagem de pequenas aeronaves no Aeroporto Regional de Patos.

Bernucci et al. (2007) entende que a macrotextura está ligada a aderência entre o pavimento asfáltico e a banda de rodagem do pneumático do veículo, principalmente para velocidade de tráfego superiores a 50km/h e afirma, ainda, que a macrotextura é a característica mais importante do pavimento a análise da hidroplanagem.

Dessa o foco dado nesse estudo na análise da Macrotextura do pavimento com o ensaio de Mancha de areia, refere a comparação dos parâmetros obtidos em campo das pistas de pouso e decolagens de aeronaves, em pavimento com superfície de asfalto flexível.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa é avaliar os parâmetros de textura e capacidade drenante na pista de pouso e decolagem do Aeroporto Brigadeiro Firmino Ayres em Patos, PB. Através do ensaio de Macrotextura de Mancha de Areia regulamentados pela Instrução Suplementar (IS) Nº 153.205-001(B)/2020.

1.2.2. Objetivos Específicos

Para tanto, se faz necessário alcançar tais objetivos específicos:

- Quantificar a Macrotextura pelo Ensaio de Altura Média da Mancha de Areia [ANAC – Instrução Suplementar (IS) N° 153.205-001(B)/2020 e Resolução RBAC n° 153, adquirindo assim parâmetros para o cálculo das referidas Alturas (H);
- Analisar e comparar os dados obtidos com os regulamentados na Instrução Suplementar (IS) N° 153.205-001(B)/2020;

1.3. Escopo do Trabalho

Este trabalho está dividido em 6 capítulos:

O capítulo 1, apresenta a introdução, justificativa e os objetivos.

O capítulo 2 aborda todo o referencial teórico para discernimento das ideias aplicadas neste trabalho.

O capítulo 3 apresenta o caso de estudo e as suas particularidades.

O capítulo 4 aborda sobre a metodologia desenvolvida neste trabalho, afim de compilar os dados obtidos em campo.

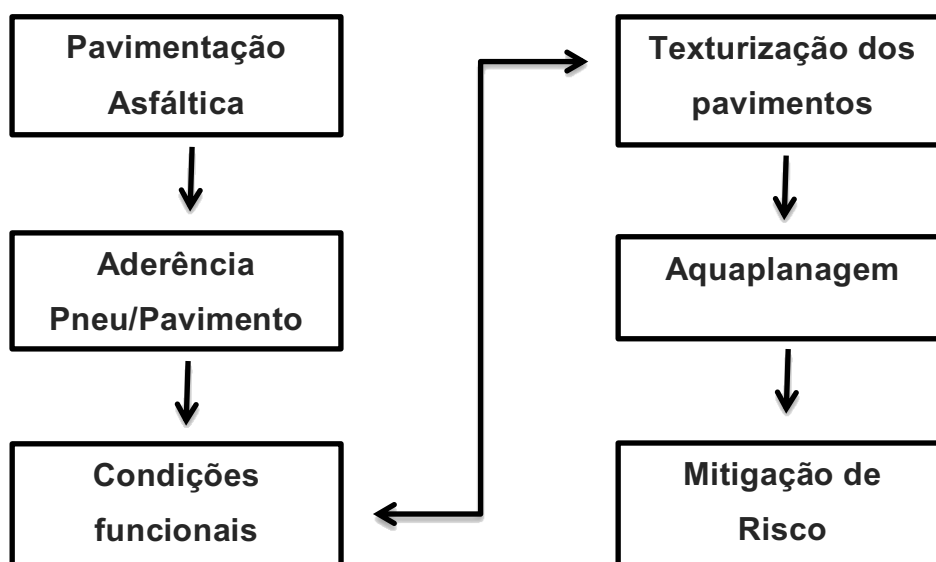
O capítulo 5 apresenta os resultados obtidos após cálculo dos dados, utilizando a metodologia citada

O capítulo 6 apresenta as considerações finais abordadas ao longo do término do trabalho para desenvolvimento das questões nas quais este trabalho é baseado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, são abordados conceitos e pesquisas relacionados à pavimentação asfáltica, condições funcionais dos pavimentos e parâmetro de texturização superficial em pistas de rolamento. Além dos conceitos e situações que envolvem a aquaplanagem. Apresentam-se também, soluções para mitigar os riscos envolvendo a perda de aderência resultante da superfície do pneu em contato com a água como abordados no fluxograma 1.

Fluxograma 1 - Mapa conceitual



Fonte: Autoria própria, (2022).

2.1 PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Segundo Bernucci et al. (2010) o pavimento asfáltico é um revestimento constituído por misturas de agregados e ligantes asfálticos, composto por quatro camadas: revestimento asfáltico, responsável a resistir as ações do tráfego e de sua transmissão fragmentada as camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento e acrescentar características excepcionais de segurança e conforto além de base, sub-base e reforço do subleito.

O Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura (DNIT 2011) classifica os pavimentos em flexíveis, semirrígidos e rígidos, de acordo com os materiais utilizados e forma de distribuição das cargas aplicadas:

I) **Flexíveis**: aqueles em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica (figura 2);

II) **Semirrígidos**: caracterizam-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo, uma camada de solo-cimento revestida por uma camada asfáltica;

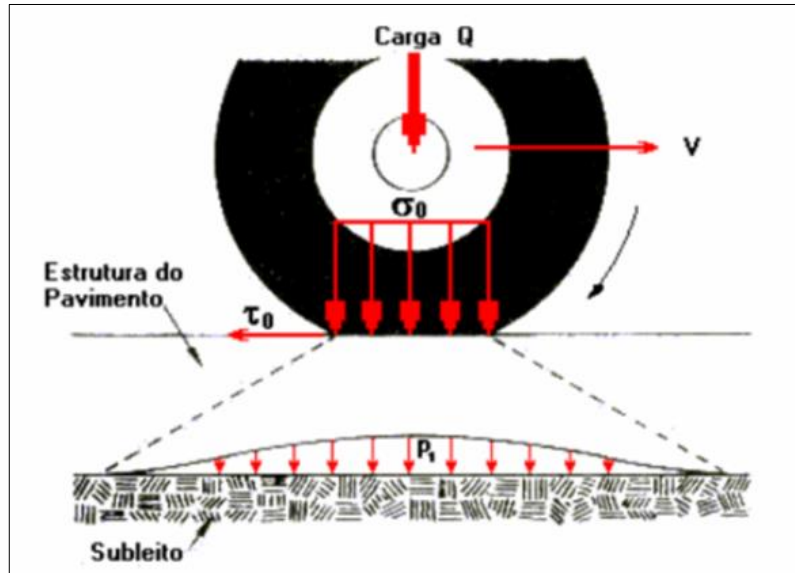
III) **Rígidos**: aqueles em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado (figura 3). Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland (BRASIL, 2006a, p. 95).

Não existe pavimento de qualidade sem manutenção periódica. A falta de reparos periódicos aumenta consideravelmente o volume de afundamentos, trincas e buracos nos pavimentos intensificando consigo o número de acidentes, fruto da perda de segurança no rolamento. Entretanto, manutenções menos frequentes são feitas quando o pavimento é dimensionado de maneira satisfatória e é capaz de absorver as cargas do tráfego (Jacques, 2015)

As ações das cargas de tráfego sobre os pavimentos flexíveis e semirrígidos provocam deformações dos tipos permanentes e recuperáveis. As deformações permanentes são aquelas que permanecem mesmo após cessar o efeito da atuação da carga. Um exemplo de deformações permanentes são aquelas geradas nas trilhas de roda pela consolidação adicional pelo tráfego, assim como as rupturas de natureza plástica (LOPES, 2012).

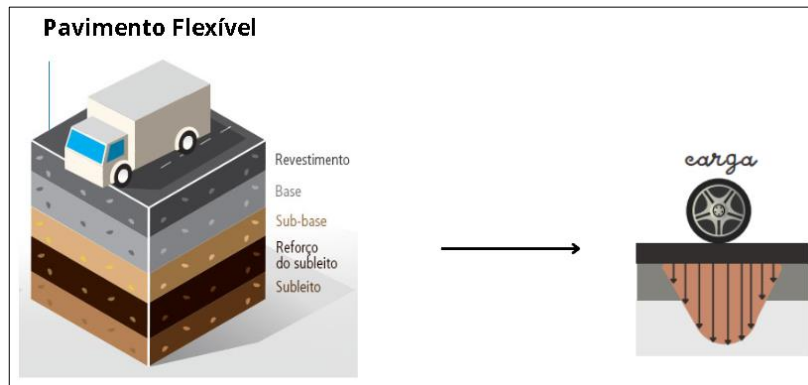
Quando o pavimento é solicitado por uma carga de veículo Q , que se desloca com uma velocidade V , recebe uma tensão vertical σ_o (de compressão) e uma tensão horizontal T_o (de cisalhamento), conforme figura 1 (SANTANA, 1993). A variadas camadas componentes da estrutura do pavimento também terão a função de diluir a tensão vertical aplicada na superfície, de tal forma que o subleito receba uma parcela bem menor desta tensão superficial (p_1). A tensão horizontal aplicada na superfície exige que esta tenha uma coesão mínima.

Figura 1 – Cargas no pavimento



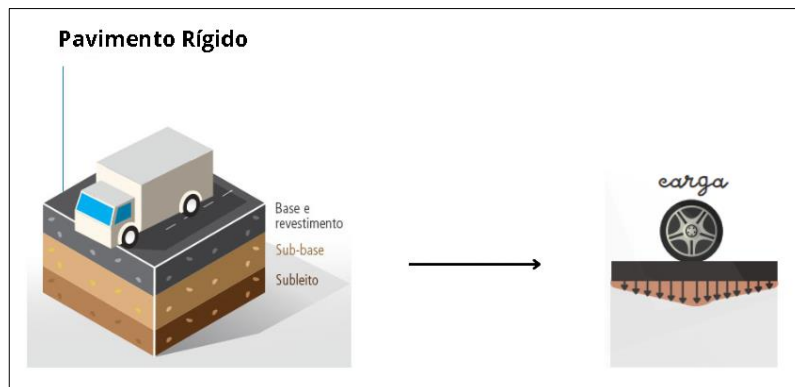
Fonte: Adaptado de Santana, (1993).

Figura 2 – Pavimento Flexível



Fonte: Autoria Própria, (2022).

Figura 3 – Pavimento Rígido



Fonte: Autoria Própria, (2022).

2.2 ADERÊNCIA PNEU-PAVIMENTO

A principal característica do pavimento, no que diz respeito à segurança viária, é a sua capacidade em proporcionar aderência adequada entre os pneus dos veículos e a sua superfície (Brasil, 2006b).

Conforme Bernucci et al (2007), a aderência pneu-pavimento em pistas molhadas é o resultado da ação de vários fatores. Dentre eles, a textura superficial do revestimento e as características dos pneus (ranhuras, pressão de inflação, dimensões e tipo) são essenciais para a garantia da segurança nas pistas

O atrito nas pistas muda ao longo do tempo, em função de sua utilização, das condições climáticas e das práticas de manutenções adotadas. Contaminantes, como resíduos de borracha e água, causam diminuição do atrito nas superfícies das pistas aeroportuárias, em grandes extensões, principalmente nas zonas de toque (Lima Junior et. al. 2012).

Na menção de Oliveira (2009), o Atrito Superficial das pistas aeroportuárias permite que os aviões acelerem durante o procedimento de decolagem, bem como desacelerem após o pouso, confortavelmente. Não existir Atrito nestes trajetos pode proporcionar ocorrências de derrapagem (deslizamento ou aquaplanagem), com a conseqüente perda de controle do taxiamento em solo (Wells e Young, 2004).

Para a ANAC (2017), as Avaliações das Condições Funcionais visam verificar se o pavimento cumpre duas funções básicas: conforto ao rolamento e segurança. Dessa forma, a avaliação funcional abrange a análise dos seguintes elementos: Irregularidades, Textura, Atrito, Defeitos superficiais e Drenagem.

2.3 DAS CONDIÇÕES FUNCIONAIS

O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC n.º 153 – estabelece requisitos prescritivos quanto às avaliações de Irregularidade Longitudinal, Atrito e Macrotextura. Todavia, o documento regulatório não especifica diretamente índice algum de Serventia no que se refere aos defeitos dos pavimentos. Ressalta-se que o levantamento periódico de algum dos graus de Serventia disponíveis no mercado é uma condição mínima para o estabelecimento de um SGPA (ANAC, 2017).

Em escala, os valores de Serventia Atual estão compreendidos entre 0 e 5, e são fornecidos por uma média avaliativa para o conforto ao rolamento. Pode-se expressar tal intervalo em partições qualitativas na Tabela 1, sendo também adotado no Brasil pelo DNIT 009/2003-PRO.

Tabela 1 – Níveis de serventia.

Padrão de conforto ao rolamento	Avaliação
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: Fonte: DNIT, (2011).

Para a ANAC (2018) a classificação da condição funcional do pavimento quanto às deformidades, é recomendada que o operador de aeródromo utilize o PCI – Índice de Condição de Pavimento (Pavement Condition Index), presente na norma ASTM D5340 – 12: Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys (Método de Teste Padrão para Levantamento do Índice de Condição de Pavimento Aeroportuário).

ANAC (2018) reitera que o PCI é um índice de condição geral da superfície de pistas usado nos Sistemas Gestores. Nele, os valores variam de 0, representando um pavimento na condição de ruptura, até o valor de 100, equivalendo a um pavimento numa condição excelente. A tabela 2, mostra os valores do PCI.

Tabela 2 – Índice de condição geral

Escala	PCI
Excelente	85 a 100
Bom	70 a 84
Regular	55 a 69
Ruim	40 a 54
Muito Ruim	25 a 39
Péssimo	10 a 24
Ruptura	0 a 9

Fonte: ANAC, (2018).

2.4 TEXTURA SUPERFICIAL

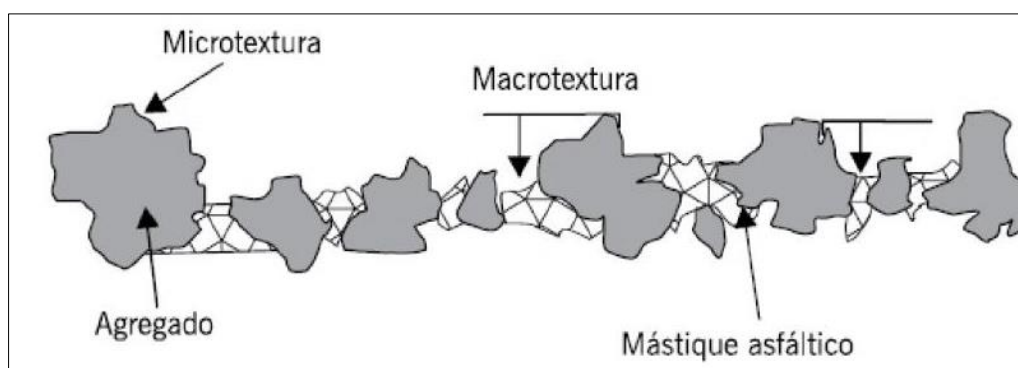
A textura superficial dos pavimentos é um dos critérios intrinsecamente ligado a aderência do pneu-pavimento. O conforto atrelado a segurança dos condutores são imprescindíveis para uma condução satisfatória, principalmente em dias chuvosos e com pista molhada.

Quanto maior for o valor da profundidade da macrotextura, melhor será a capacidade de drenagem de água na área de contato pneu-pavimento (Eléspuru, 2004).

Bernucci et al. (2007) reiteram que as condições de aderência dos pavimentos dos aeroportos, representadas pela profundidade da macrotextura e atrito, são fundamentais para que se promova a avaliação da situação das superfícies e se decidir sobre as manutenções.

A microtextura e a macrotextura são os critérios que, de fato, permitem avaliar a textura da superfície do pavimento. A primeira é aferida na superfície e aspereza dos agregados e a última, na rugosidade formada pela mistura agregado e mástique asfáltico, a figura 4 apresenta um corte feito na superfície de um revestimento asfáltico no qual se observa a microtextura e a macrotextura (ANAC, 2018).

Figura 4 – Microtextura e macrotextura na superfície de um revestimento asfáltico (asfalto e Agregados finos)



Fonte: BERNUCCI et. al., (2007).

2.5 ESCALAS DE TEXTURA

A textura do pavimento, de acordo com a Associação Internacional Permanente de Congressos Rodoviários (do inglês: Permanent International Association of Road Congresses - PIARC) atualmente reconhecida como Associação Rodoviária Mundial (World Road Association), pode ser classificada segundo a variação no comprimento de onda (λ) em microtextura, macrotextura, megatextura e irregularidade (WAMBOLD; ANTLE; HENRY, 1995) apresentado na tabela 3.

Tabela 3 – Classificação segundo PIARC

Classificação	Faixa de comprimento de onda
Microtextura	$\lambda \leq 0,5 \text{ mm}$
Macrotextura	$0,5 \text{ mm} \leq \lambda < 50 \text{ mm}$
Megatextura	$50 \text{ mm} \leq \lambda < 0,5 \text{ m}$
Irregularidade	$0,5 \text{ m} \leq \lambda < 50 \text{ m}$

Fonte: Adaptado de Wambold, (1995).

2.5.1 MICROTETURA

A microtetura é caracterizada pelo grau de rugosidade ou aspereza individual da superfície das partículas do agregado que compõem a mistura asfáltica ou de Concreto de Cimento Portland da camada de revestimento (Rodrigues Filho, 2006).

A faixa de abrangência da microtextura de um pavimento é caracterizada por comprimentos de onda inferiores a 0,5 mm e amplitude de onda geralmente entre 0,001 e 0,5 mm (WAMBOLD, 1995; DO e ROE, 2008).

Essa classificação de textura é tão pequena que não pode ser visualmente observada, mas é esse comprimento de onda que influência na aspereza do pavimento. Portanto, sendo associada diretamente com o coeficiente de atrito. Portanto, quanto maior for o valor da microtextura, maior será o desgaste dos pneus.

A Administração Federal de Aviação (do inglês: Federal Aviation Administration) (1997) afirma que a microtextura fornece propriedades de atrito para aeronaves operando em baixas velocidades. A dirigibilidade que o condutor possui sobre o veículo é obtida pela microtextura, pois é ela que possibilita a

estabilidade e segurança veicular nas acelerações e desacelerações longitudinais e transversais dos veículos, a continuidade da trajetória em curvas, frenagens e o aumento de velocidade (FERNANDES, 1998 apud MEURER FILHO, 2001).

2.5.2 MACROTEXTURA

Para a (FAA, 2007), a macrotextura refere-se a visível e pequena irregularidade da superfície do pavimento, que tem a função primária de formar uma trilha natural para facilitar o escoamento da água presente sobre os revestimentos quando da passagem dos pneus das aeronaves nas pistas.

A macrotextura pode ser definida ainda como sendo a rugosidade do pavimento formada pelos desvios superficiais nos tamanhos dos granulares, afetando essencialmente as condições de drenabilidade na área de contato entre o pneu e o pavimento além da deformabilidade da banda de rodagem do pneu, sendo fundamentais para aderência à alta velocidade (MOMM, 1998).

Em condições em que pista de rolamento está molhada, a drenabilidade da camada superficial mantém relação direta com a macrotextura, pois é a aspereza do pavimento que forma os canais de escoamento da água que intervêm profundamente nos fenômenos da hidroplanagem. Para que a microtextura possa romper a película d'água é imprescindível que primeiramente a macrotextura elimine a lâmina d'água seja qual for sua espessura (DO, 1995 apud MOMM, 1998)

O tamanho do agregado usado na mistura caracteriza a macrotextura, pela faixa granulométrica que prevalece no agregado e pela quantidade de vazios existentes na estrutura do pavimento, sendo o principal responsável pela drenagem superficial da água da chuva (Rodrigues Filho, 2006).

A macrotextura sofre constantes modificações com o passar do tempo, devido ao desgaste do agregado, que aplaina a superfície e tende a diminuir a macrotextura. A densificação do revestimento, que tende a nivelar o agregado graúdo com o material mais fino ao redor. Pode ocorrer a desagregação, caso haja a falta de ligantes na mistura dos concretos asfálticos e a recompactação em função da ação do tráfego, que acaba por modificar o arranjo dos agregados da superfície (Matos, 2009).

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) classifica a macrotextura de acordo com a profundidade da textura, conforme apresentado na tabela 4, sendo que o operador de aeródromo deve manter a profundidade da macrotextura com índice maior ou igual a 0,60 mm para pista de pouso e decolagem em operação no território brasileiro (ANAC, 2018).

Tabela 4 – Classificação da textura superficial segundo sua profundidade P





Classificação	Profundidade da Textura P (em mm)
Muito fechada	$P \leq 0,2$
Fechada	$0,2 < P \leq 0,4$
Média	$0,4 < P \leq 0,8$
Aberta	$0,8 < P \leq 1,2$
Muito aberta	$P > 1,2$

Fonte: ANAC, (2018).

O tamanho e a granulometria dos agregados com microtextura ásperas são essenciais para uma boa macrotextura. A macrotextura desigual não fornece a imersão adequada para um contato pneu-pavimento eficaz. Como há menos água na superfície, há menos chance da hidroplanagem ocorrer, e a interação pneu-pavimento se torna mais evidente, tornando as operações mais seguras no geral (Oliveira, 2009).

A superfície de um pavimento pode ser classificada, em quatro tipos, em função da macrotextura e microtextura, como mostrado na figura 5, (APS 2006).

Figura 5 – Classificação da superfície dos pavimentos em relação a texturização.

Microtextura	Macrotextura	Superfície	Tipo de Textura
Rugosa	Aberta		Rugosa e Aberta
	Fechada		Rugosa e Fechada
Polido ou Lisa	Aberta		Polida e Aberta
	Fechada		Polida e Fechada

Fonte: APS, (2006).

2.5.7 MEGATEXTURA

A megatextura está frequentemente associada aos desvios de superfície do pavimento, causadas por fatores como, remendos, painelas, perda de agregados da superfície, fissuras de grandes dimensões, etc.

Essa escala de textura possui um comprimento de onda da mesma ordem que os sulcos do pneu, sendo percebido pelo usuário da rodovia muitas vezes por meio de movimentos bruscos do veículo ou ondulações da pista (Santos, 2007).

Para Rodrigues Filho (2006), o seu comprimento de onda está no intervalo de 50 a 500 mm, afetando em maior grau o nível de ruído e a resistência ao rolamento do que o atrito entre o pneu e o pavimento.

2.5.8 IRREGULARIDADE

Segundo a American Society for Testing and Materials (ASTM) E87 a irregularidade pode ser definida como desvios das superfícies de um pavimento com relação a uma superfície verdadeiramente plana, com dimensões características que afetam a dinâmica e a qualidade do rolamento veicular.

Para efeitos de escala, o comprimento de onda é superior ao da Megatextura, variando entre 0,5 m e 50 m, afetando ligeiramente o conforto dos condutores em relação à qualidade do rolamento e conseqüentemente aumentando o custo operacional dos veículos. Essa característica fornece uma excelente medida das condições do pavimento, sendo expressa geralmente pelo IRI (Índice Internacional de Irregularidade) não expostos neste trabalho.

2.6 RELAÇÃO ENTRE TEXTURA SUPERFICIAL E CARACTERÍSTICAS DO PAVIMENTO

Um estudo realizado por Fehrl (2006) relaciona os comprimentos de onda que possuem influência no ruído, resistência a derrapagem e resistência ao rolamento. Na figura 6, percebe-se a influência da textura na geração do ruído de tráfego, sendo as faixas de comprimento de macro e megatextura os principais responsáveis por essa geração.

A microtextura e a irregularidade são caracterizadas por exercerem pouca influência na geração de ruído (Sandberg et al., 1987 apud Fehrl, 2006). Contudo, é possível afirmar que a parcela do Nível de Pressão Sonora (**NPS**)

derivada da aderência entre pneu-pavimento deve ser maior para veículos trafegando em baixas velocidades (até de 60 km/h), sob ampla ação dos efeitos da microtextura.

A irregularidade também é influenciada pelos defeitos de maiores dimensões no pavimento (Albuquerque; Núñez, 2011). Em baixas velocidades, os impactos absorvidos pelo pneu devido a irregularidade do pavimento também são responsáveis por grandes parcelas do NPS produzido.

Figura 6 – Relação entre o comprimento λ (m) e as características do revestimento

10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0	10^1
Microtextura		Macrotextura		Megatextura		Irregularidade	
Atrito em Pista molhada							
			Ruído Ext.				
			Ruído Interno				
		Esguicho e Spray					
				Resistência ao Rolamento			
Desgaste do Pneu				Danos ao Pneu			

Fonte: Traduzido de (World Road Congress, apud Noyce, 2005)

Dentre os fatores que influenciam as escalas de textura da camada superficial de um pavimento, pode-se mencionar que os determinantes são a origem mineralógica e características físicas dos agregados, a dosagem da mistura asfáltica, a técnica de compactação utilizada em campo, etc. (WAMBOLD; ANTLE; HENRY, 1995).

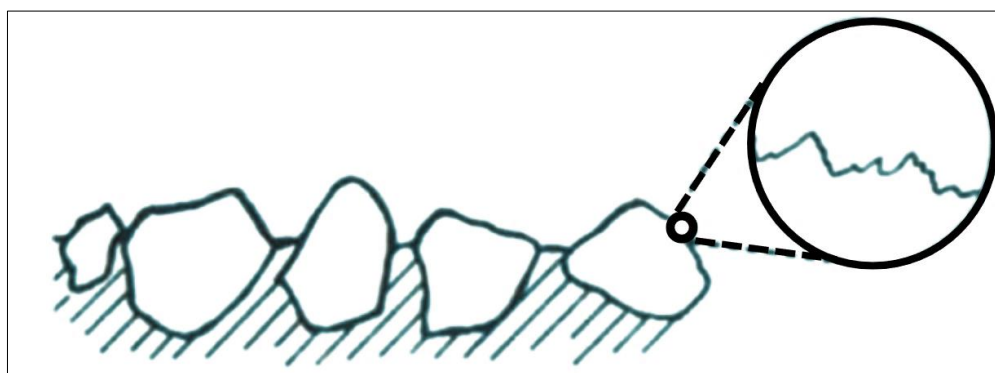
2.7 DRENABILIDADE

A associação das duas escalas de textura com boa qualidade fornece atrito adequado para as aeronaves durante pousos e decolagens. Segundo a FAA (1997) a microtextura fornece propriedades de atrito para aeronaves operando em baixas velocidades, enquanto a macrotextura fornece propriedades de atritos para aeronaves em alta velocidade.

A drenabilidade do pavimento pode ser definida como a capacidade que o mesmo possui de expulsar a água que recebe pela superfície, por meio dos micro canais formados pela macrotextura. A microtextura também tem função relevante nesse processo, pois fornece a aspereza necessária para romper a lâmina d'água residual que se forma na interface pneu-pavimento após a maioria da água ter sido escoada pela macrotextura (VEDANA, 2014).

Em pavimentos com textura superficial rugosa e aberta apresentada na figura 7, a microtextura áspera minimiza o possível acontecimento da hidroplanagem viscosa quando a pista está molhada e a macrotextura aberta dificulta a ocorrência da hidroplanagem dinâmica, à medida que a profundidade crítica da lâmina d'água cresce significativamente. Um pavimento que apresenta essas características é o que melhor atende às condições de aderência entre pneu e camada de rolamento (Ferreira, 2014).

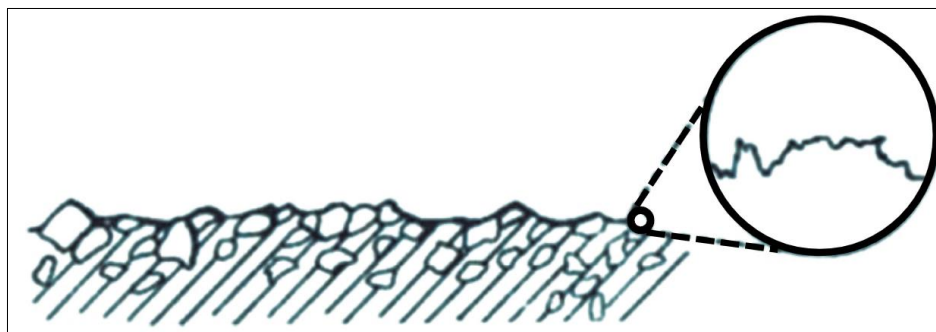
Figura 7 – Modelo de superfície com Microtextura Rugosa e Macrotextura aberta



Fonte: Rodrigues Filho, (2006).

Segundo Rodrigues Filho (2006) as superfícies com textura fechada e rugosa possuem índices de atrito menores. Conforme representado na figura 8 pode-se notar que devido a macrotextura fechada há uma diminuição da área real de contato e menor adesão, entretanto a microtextura rugosa contribui para o rompimento da fina película de água. Quando em pistas molhadas os níveis de atrito adequados podem não ser atingidos sob altas velocidades e a capacidade de drenagem é comprometida devido a macrotextura fechada, tendo como consequência o acúmulo de água na pista.

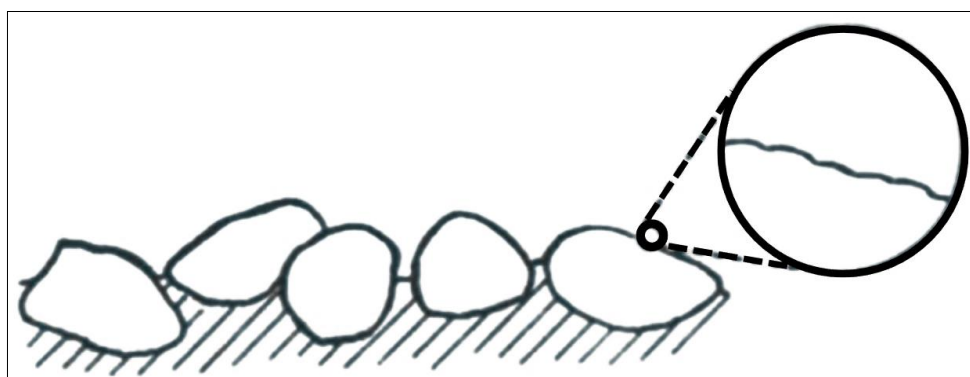
Figura 8 – Modelo de superfície com microtextura rugosa e macrotextura fechada



Fonte: Rodrigues Filho, (2006).

Uma superfície que possui textura superficial aberta e polida apresentada na figura 9 proporciona boa capacidade de escoamento, uma vez que a macrotextura possibilita a formação de canais que drenam a água da pista. Contudo, durante o tempo que a água não escoar, a microtextura lisa não é capaz de romper a película de água na pista, podendo ocorrer dessa forma o fenômeno da hidroplanagem viscosa. Esse tipo de pavimento apresenta baixos índices de atrito por adesão, sendo o atrito por histerese o grande responsável pela aderência nesse tipo de superfície (Rodrigues Filho, 2006).

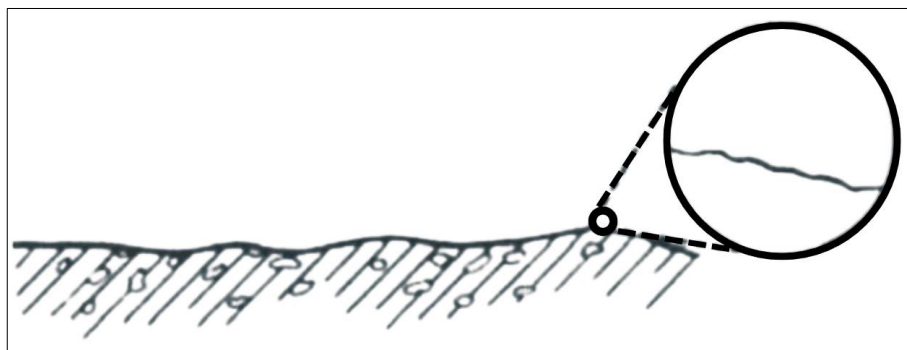
Figura 9 – Modelo de superfície com microtextura polida e macrotextura aberta



Fonte: Rodrigues Filho, (2006).

A superfície de macrotextura fechada e microtextura polida proporciona aderência quando a pista estiver seca, dependendo das características do pneu. O pavimento quando úmido ou molhado possui coeficientes de atrito reduzidos, mesmo em velocidades baixas devido ao fenômeno da hidroplanagem, e independe da espessura da lâmina d'água. A textura fechada e polida, esquematizada na figura 10, pertence a pavimentos que já atingiram seu limite funcional e demandam alguma intervenção (RODRIGUES FILHO, 2006).

Figura 10 – Modelo de superfície com microtextura polida e macrotextura fechada



Fonte: Rodrigues Filho, (2006).

2.8 HIDROPLANAGEM

A aderência pneu-pavimento é uma propriedade mutável ao longo do tempo juntamente com as situações climáticas. A condução do veículo é mais crítica no momento em que o pavimento se encontra molhado, pois a lâmina d'água formada na superfície do pavimento pode causar o fenômeno conhecido como hidroplanagem (BERNUCCI et al., 2008).

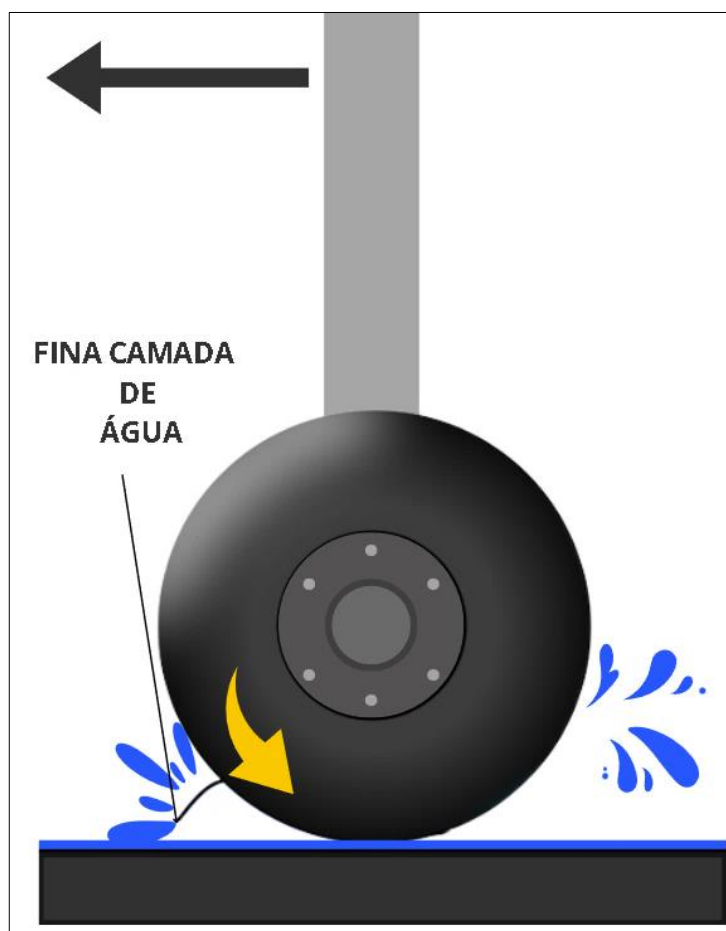
A declividade transversal de uma pista não tem influência direta sobre o fenômeno da hidroplanagem, mas de fato favorece ou dificulta a ocorrência do fenômeno, uma vez que influi diretamente sobre as condições de drenagem da superfície do pavimento e, como consequência, determina a profundidade da lâmina d'água durante as chuvas de maior intensidade. (RODRIGUES FILHO, 2006)

Conforme Aps (2006), os acidentes devido à hidroplanagem, geralmente, ocorrem em casos especiais, onde as velocidades são altas, as espessuras de lâmina d'água são elevadas e a pressão da água sobre o pneu é superior à sua pressão de contato e este desliza sobre a superfície d'água. Normalmente, ocorrem em pontos isolados dos pavimentos com macrotextura fechada, onde a drenagem superficial é ruim e as velocidades superiores a 100 km/h.

Atualmente são conhecidos três tipos de hidroplanagem: viscosa, dinâmica e por desvulcanização. A hidroplanagem viscosa acontece em velocidades relativamente baixas, devido ao efeito da viscosidade da água, que demonstra resistência à sua expulsão da área de contato entre o pneu e o pavimento como apresentado na figura 11.

Esse exemplo de hidroplanagem é beneficiado em superfícies mais lisas, condição esta que acontece com maior frequência nas áreas saturadas por borracha oriunda do desgaste dos pneus, ocorrendo ao longo das operações de frenagem, na faixa de velocidades bastantes reduzidas, mesmo que a película de água seja extremamente fina (Francisco, 2009).

Figura 11 – Hidroplanagem Viscosa



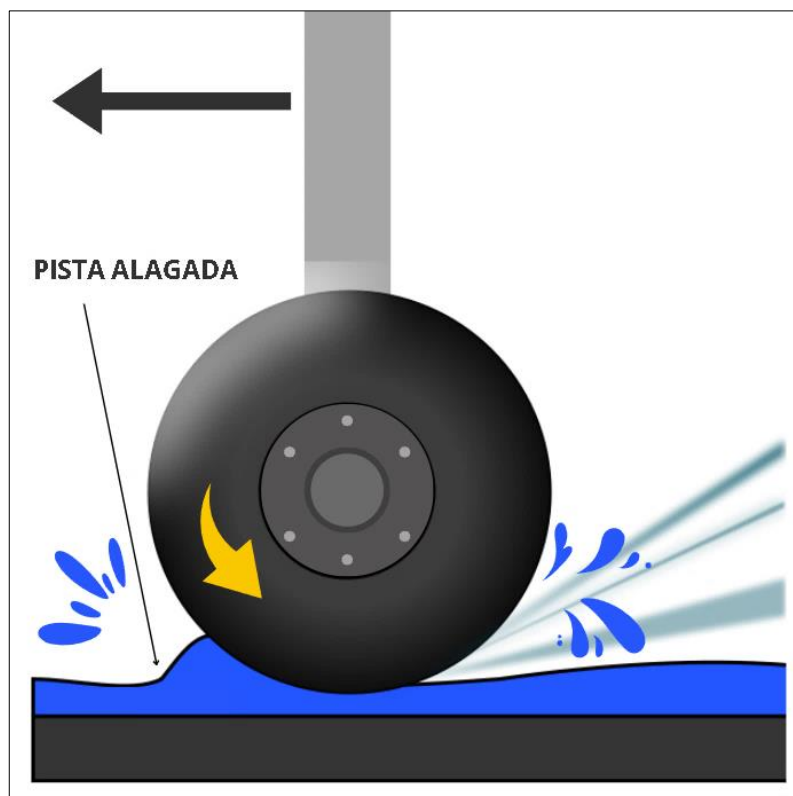
Fonte: Autoria Própria, (2022).

Já a hidroplanagem dinâmica é um fenômeno que ocorre em razão da elevada espessura de lâmina d'água no pavimento, velocidades elevadas e textura lisa. Quando um veículo trafega sobre um pavimento em que sua superfície se encontre coberta de água, o pneu do veículo desloca a água para a frente e para os lados, de maneira que a roda seja capaz de avançar e estabelecer contato entre pneu e pavimento, conforme ilustrado na figura 12.

Nos pneus, o aumento da velocidade causa uma penetração progressiva da água, criando uma condição para que a base da banda de rodagem se curve para

dentro e para cima, o que ocasiona uma redução da área de contato e consequentemente da estabilidade e capacidade de controle (Foster et. al. 2018).

Figura 12 – Hidroplanagem Dinâmica

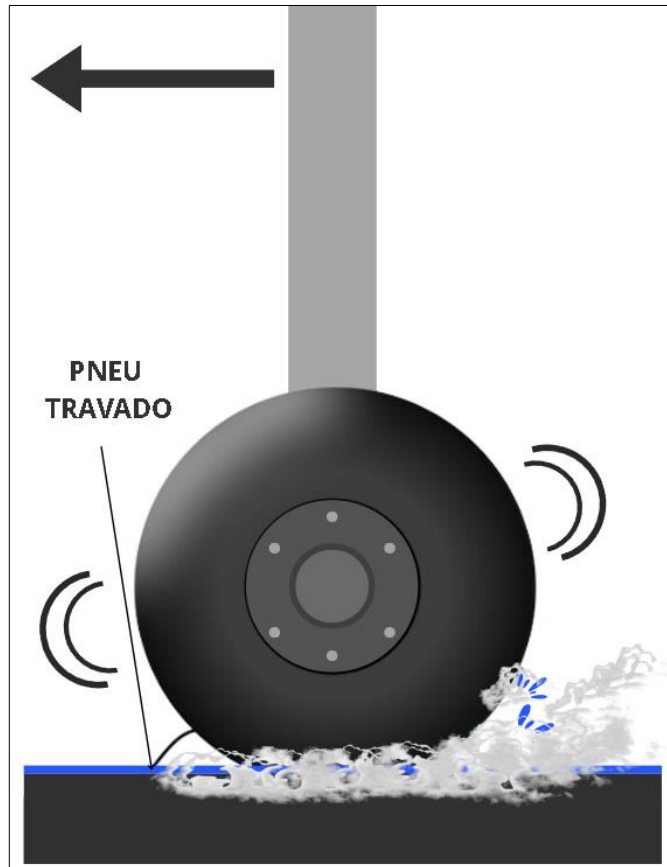


Fonte: Aatoria Própria, (2022).

A hidroplanagem por desvulcanização ou hidroplanagem por borracha invertida, é um fenômeno semelhante à derrapagem viscosa que acontece com uma película de água e uma superfície de pista lisa. Esta situação frequentemente ocorre em seguida da hidroplanagem dinâmica ou viscosa onde as rodas de aeronave são travadas, conforme apresentado na figura 13.

Devido à macrotextura da pista e à inexistência de rotação, a borracha na área de contato fica sujeita a repetidas deformações locais que, em razão das propriedades visco-elásticas da borracha, superaquecem a área de contato. O efeito desse superaquecimento na superfície do pneu é apresentado na figura 14 (Foster et. al. 2018).

Figura 13 – Hidroplanagem por Desvulcanização.



Fonte: Autoria Própria, (2022).

Figura 14 – Zona de Contato de um Pneu após um evento de hidroplanagem por desvulcanização.



Fonte: Goodyear Aviation, (2016).

2.9 MEDIDAS MITIGADORAS DE RISCO

Após realização de revisões bibliográficas, foram analisados trabalhos que imputavam medidas para mitigar os riscos da hidroplanagem em pavimentos. São apresentados a seguir algumas dessas medidas encontradas para diminuir os riscos e acidentes de tal evento.

2.9.1 Pavimento Drenante

Os pavimentos drenantes podem ser classificados em dois tipos:

Pavimentos permeáveis, que segundo a NBR 16416 (2015) estabelece que o pavimento deve atender concomitantemente às solicitações de esforços mecânicos e condições de rolamento, e ainda sua estrutura deve permitir a percolação e/ou acúmulo temporário de água, diminuindo o escoamento superficial sem apresentar danos.

Revestimento de alta porosidade, que são pavimentos que possuem um maior percentual de vazios somente na camada mais superficial para melhorar o escoamento da água (Henrique Foster, 2018).

Segundo estudo realizado por SUZUKI (2015) os pavimentos permeáveis são usualmente utilizados em trechos de tráfego leve, por possuírem uma menor capacidade de suporte, não sendo indicados para utilização em rodovias de elevado padrão técnico.

Revestimentos porosos, como CPA (Camada porosa de atrito), tem sido adotados em alguns países com objetivo de diminuir a emissão de ruído (BIN YU, 2014). Entretanto, o aumento do índice de vazios deste tipo de revestimento resulta também em maiores valores de macrotextura e sua maior capacidade de escoamento superficial.

2.9.2 Melhoria da Macrotextura

Segundo a American Society for Testing and Materials - ASTM (2012), existem métodos disponíveis para a construção e recuperação de pavimentos rígidos que promovem o aumento da resistência à derrapagem, seja com o concreto no estado plástico ou endurecido. Esses métodos são conhecidos como texturização e são executados na superfície de pavimento a fim de tornar mais

segura a operação dos eículos em condição de chuva. (RODRIGUES FILHO, 2006).

As ranhuras obtidas por fresagem na superfície do pavimento são chamadas de grooving apresentadas na figura 15, e assim como a texturização por vassouramento servem para aumentar a capacidade de escoamento superficial da água da chuva.

A determinação da necessidade de grooving leva em consideração fatores como: histórico dos acidentes de aviões e incidentes relacionados com a hidroplanagem no aeroporto; frequência de pista molhada (análise das taxas de precipitação pluviométrica e intensidade); inclinação transversal e longitudinal da pista ou qualquer anormalidade na superfície que possa impedir o escoamento da água; qualidade da textura de superfície; limitações de drenagem, dentre outros fatores (APS, 2006). A FAA (1997) considera a execução de grooving e texturização como um trabalho de segurança de alta prioridade para as pistas de pouso e decolagem.

Figura 15 – Grooving



Fonte: Infraero, (2016).

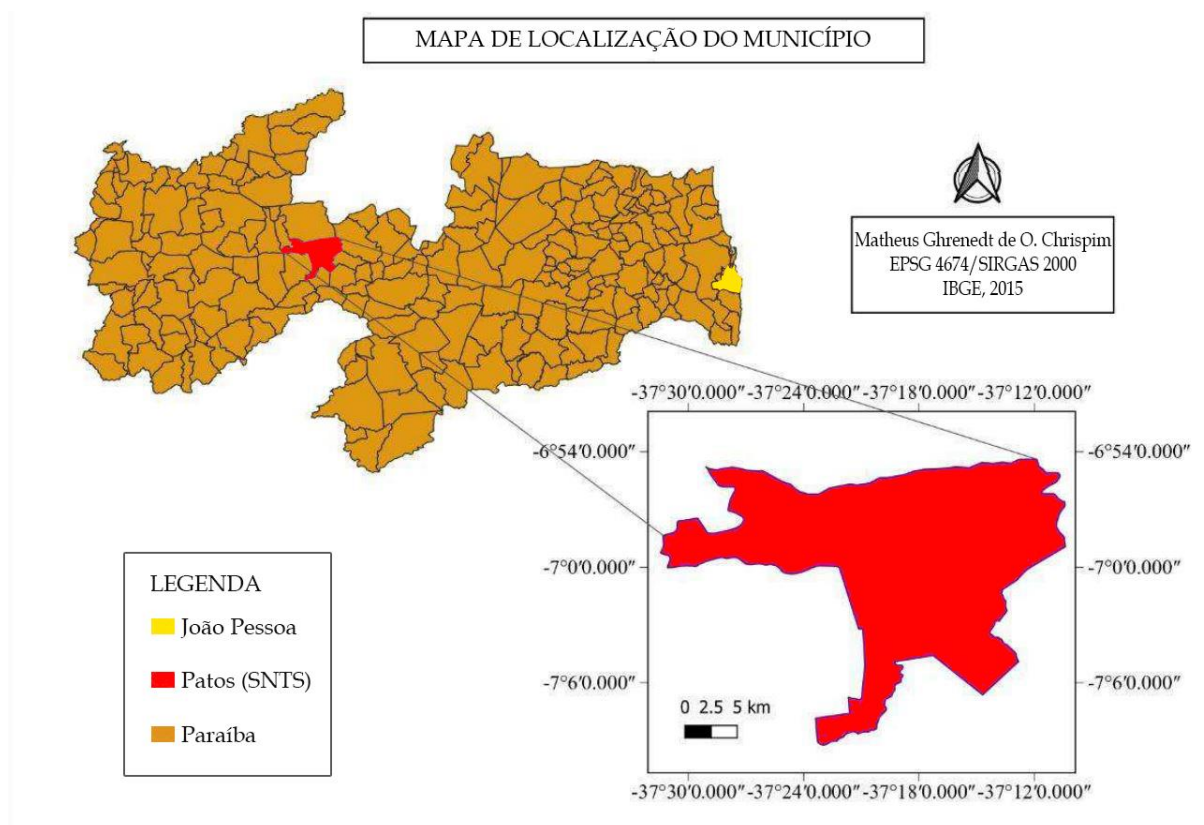
Os procedimentos metodológicos realizados conforme Instrução Suplementar (IS) N.º 153.205-001(B)/2020, serão apresentados a seguir.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Aeroporto Brigadeiro Firmino Ayres (IATA: JPO; ICAO: SNTS) localizado na cidade de Patos, no estado da Paraíba. Situado a aproximadamente 300 quilômetros da capital João Pessoa, ilustrado no mapa apresentado na figura 16.

Está situado na rodovia estadual PB-228, a cerca de cinco quilômetros do Centro da cidade e a trinta quilômetros ao norte de Rio Grande do Norte (mesma distância ao sul de Pernambuco).

Figura 16 – Mapa de localização do município.



Fonte: Autoria Própria, (2022).

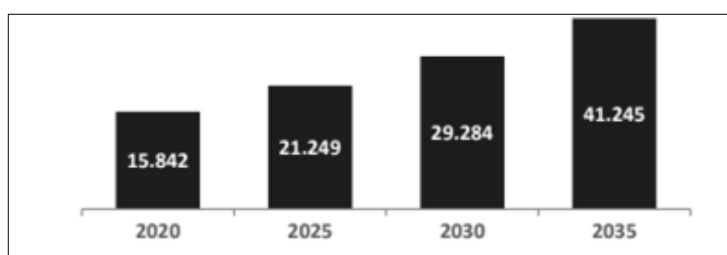
O acesso ao aeroporto é realizado por meio de rodovia pavimentada de pista simples. Já a pista de pouso e decolagem (PPD) tem 1600 m de comprimento e 30 m de largura, com pavimentação asfáltica (PCN – 6/F/C/Y/U) que, com base no Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) n.o 154 – Emenda n.o 01 (ANAC, 2012b), é classificada como 3C.

A figura 17 mostra uma vista aérea do Aeroporto de Patos.

Com o incentivo financeiro disponibilizado pelo Ministério de Infraestrutura e pelo governo do Estado da Paraíba, o Aeroporto Regional de Patos tende a ampliar sua infraestrutura aeroportuária. Visto que, sua localização privilegiada, pode diminuir o tempo de deslocamento para Estados adjacentes e amenizar os valores de fretes de cargas regionais.

Considerando a projeção de demanda por transporte aéreo de passageiros para o Aeroporto de Patos, delineada pela MTPA – atual Ministério da Infraestrutura, é apontada a tendência de crescimento para as próximas décadas, como pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Estimativa do número de passageiros ao longo dos anos.

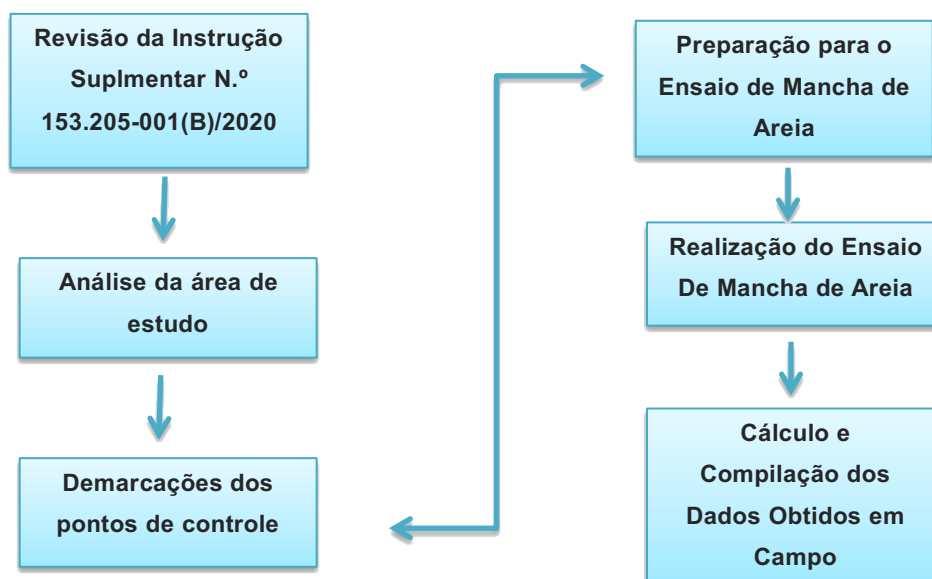


Fonte: MTPA (2017).

4. METODOLOGIA

4.1 Procedimentos Metodológicos

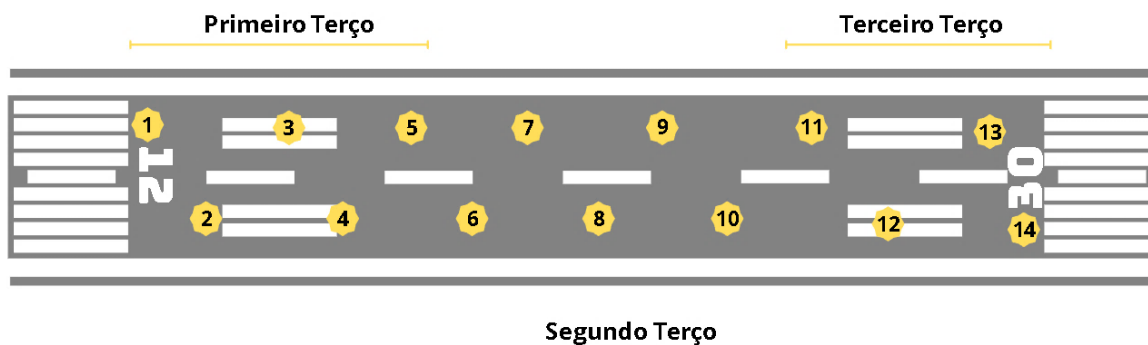
Fluxograma 2 - Dinâmica dos procedimentos



Fonte: Autoria própria, (2022).

Para verificação dos parâmetros que envolve o estudo desse trabalho, foi inicialmente realizada uma revisão da Instrução Suplementar (IS) N.º 153.205-001(B)/2020 e Resolução RBAC N.º 153 para familiarizar-se com os conceitos, definições, classificações e propriedades do ensaio. Após isso, dividimos a pista em pontos aleatórios para aferir os resultados obtidos, como ilustrado na figura 19.

Figura 19 – Localização dos pontos para realização do Ensaio de Mancha de Areia.



Fonte: Autoria Própria, (2022).

Durante a escolha da marcação dos pontos, preferencia-se locais que apresentassem as melhores condições possíveis ou que não possuíssem irregularidades no pavimento como panelas, fissuras, trincas etc.

Nos pontos escolhidos, o ensaio e Mancha de Areia foi realizado para obtenção dos valores obtidos, tendo como referência a Norma NBR 16504 (ABNT 2016) e as orientações obtidas na Instrução Suplementar (IS) N.º 153.205-001(B)/2020 e Resolução RBAC n.º 153.

Para realização do ensaio, os equipamentos utilizados foram:

- Escova para limpeza da superfície;
- Equipamento cilíndrico com volume conhecido de 25cm^3 , com base circular de e revestida de borracha;
- Volume de areia, na qual, a areia a ser utilizada deve possuir granulometria contida entre as peneiras n.º 50 e n.º 100 (conforme classificação da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT), isto é, passando na peneira n.º 50 e sendo retida pela peneira n.º 100;
- Régua para medir o diâmetro com precisão em milímetros;

Os materiais utilizados podem ser visualizados na figura 20.

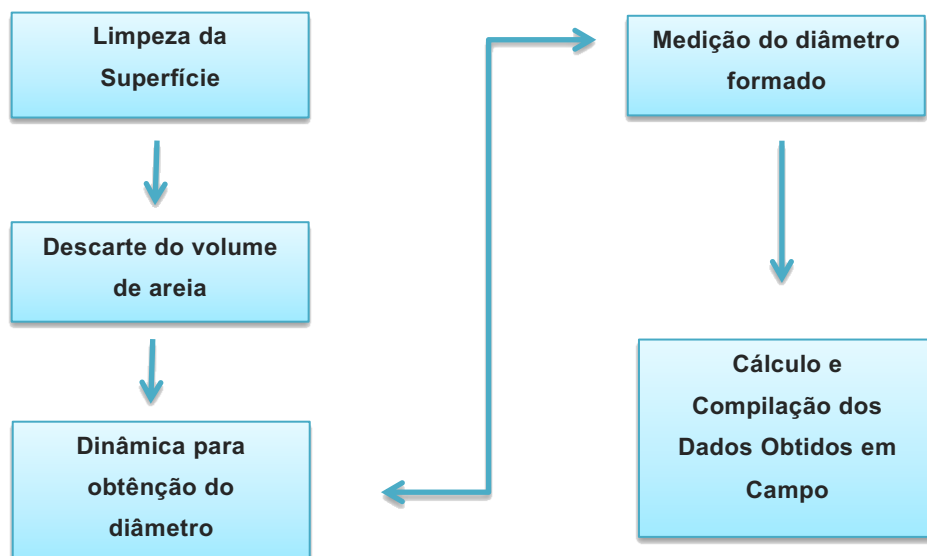
Figura 20 – Materiais Utilizados no Ensaio



Fonte: Autoria Própria, (2022)

A sequência do procedimento é a seguinte:

Fluxograma 3 - Sequência do procedimento



Fonte: Autoria própria, (2022).

Inicialmente, a superfície de rolamento é limpa com o auxílio da escova. No local escolhido, é despejado com cuidado os 25 cm³ de areia padronizada. Em seguida, com o auxílio do equipamento cilíndrico, são feitos movimentos circulares que resulta em uma mancha de areia semelhante ao formato de um círculo.

Com o auxílio de uma régua, são realizadas 3 medições do diâmetro da mancha de areia e feito a média aritmética delas. De posse do valor obtido, é possível obter a altura média de areia, sendo o objeto do resultado final do ensaio, com o auxílio das seguintes equações:

$$HS(i) = \frac{4V(i)}{A(i)} \quad (1)$$

$$HS = \frac{\sum HS(i)}{Ntm} \quad (2)$$

$$HSm = \frac{\sum HS}{Ntt} \quad (3)$$

Onde:

HS: Hauteur au Sable, altura da mancha de areia (mm);

A: Área coberta pela areia;

Ntm: Número total de medições em cada área;

Ntt: Número total de medições em cada terço;

Para facilitar o entendimento das equações expostas, leia-se:

$$\text{Profundidade da macrotextura de cada medição}(i) = \frac{\text{Volume de areia}(i)}{\text{Área coberta pela areia}(i)}$$

(1)

$$\text{Profundidade da macrotextura} = \frac{\text{Soma das profundidades da macrotextura de cada medição}(i)}{\text{Número total de medições realizadas de cada área}}$$

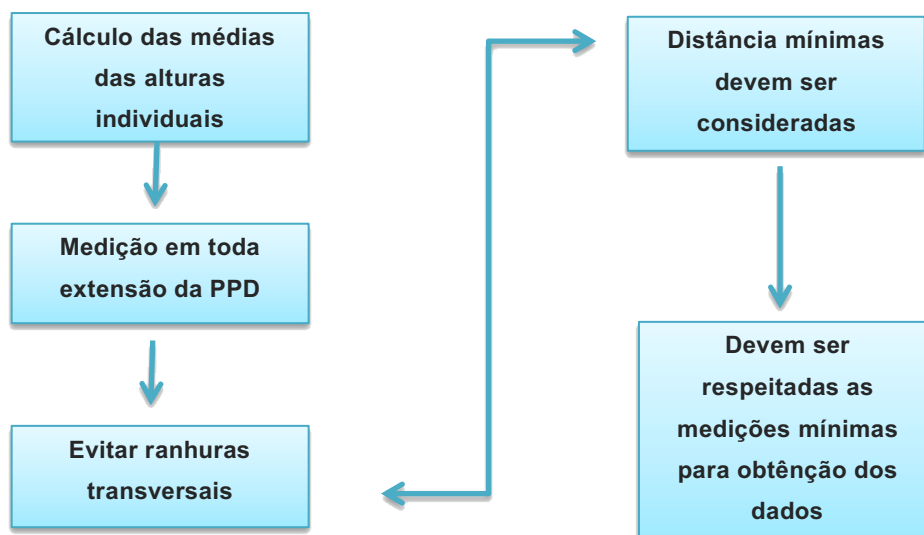
(2)

$$\text{Profundidade média da macrotextura} = \frac{\text{Soma das profundidades da macrotextura em cada terço}}{\text{Número total de áreas de medição em cada terço}}$$

(3)

Algumas orientações devem ser seguidas, de acordo Instrução Suplementar (IS) N.º 153.205-001(B)/2020 apresentadas no fluxograma 4.

Fluxograma 4 - Orientações da (IS) N.º 153.205-001(B)/2020



Fonte: Autoria própria, (2022).

No mínimo três tomadas de profundidade da macrotextura de cada medição, conforme a equação (1), devem ser realizadas nas áreas. Um maior número de tomadas deve ser feito sempre que deficiências da macrotextura superficial do pavimento forem observadas.

A (IS) N.º 153.205-001(B)/2020 ainda complementa que a profundidade da macrotextura do pavimento deve ser medida em toda a extensão operacional da pista e em áreas do pavimento onde não existam ranhuras transversais denominadas grooving. E por fim, recomenda-se, aferição em áreas localizadas a 3 m (três metros) do eixo da pista, e de forma alternada e aleatória a cada 100 m (cem metros), à esquerda e à direita do eixo.

A figura 21 apresenta momentos da sequência do procedimento para medição da Macrotextura do pavimento:

Figura 21 – Momentos do ensaio de Macrotextura



Fonte: Autoria Própria, (2022).

5. RESULTADOS

A computação dos resultados foram feitas com base no que regulamenta a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) conforme apresentado anteriormente na tabela 4, que classifica a macrotextura de acordo com a profundidade da textura.

Os resultados calculados estão plotados na tabela 5 abaixo.

Tabela 5 – Classificação da Macrotextura do Pavimento

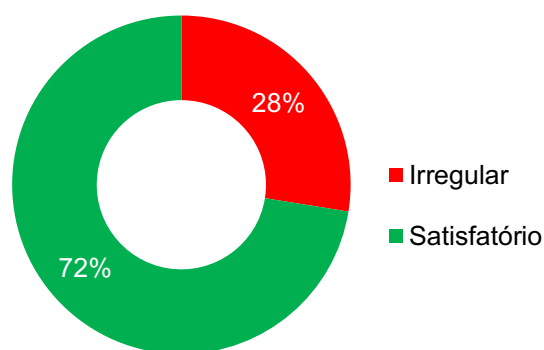
N	POSIÇÃO	PARTIÇÃO	MARCO (m)	HS(mm)	CLASSIFICAÇÃO
-	D (Dir.)	<i>Cabeceira 12</i>	0	-	-
1	E (Esq.)	1°TERÇO	100	0,68	Média
2	D (Dir.)		200	0,50	Média
3	E (Esq.)		300	0,55	Média
4	D (Dir.)		400	0,45	Média
5	E (Esq.)	2° TERÇO	500	0,61	Média
6	D (Dir.)		600	0,74	Média
7	E (Esq.)		700	0,57	Média
8	D (Dir.)		800	0,82	Aberta
9	E (Esq.)		900	0,70	Média
10	D (Dir.)	3°TERÇO	1000	1,16	Aberta
11	E (Esq.)		1100	0,85	Aberta
12	D (Dir.)		1200	0,80	Aberta
13	E (Esq.)		1300	0,84	Aberta
14	D (Dir.)		1400	0,91	Aberta

Fonte: Autoria Própria, (2022).

Discutindo os resultados obtidos e analisando segundo o que consta no regulamento, o parágrafo 153.205(h)(5) do RBAC n.º 153 que dispõe sobre o monitoramento da profundidade da macrotextura do pavimento: “O operador de aeródromo deve manter a profundidade média da macrotextura maior ou igual a 0,60 mm (sessenta centésimos de milímetro) para pista de pouso e decolagem em operação”.

Lembrado o que diz no parágrafo da Instrução, observamos que o Aeroporto Brigadeiro Firmino Ayres, apresentou 28% dos resultados não satisfatórios (valores da profundidade menores que 0,6 mm) grifados em **vermelho** e 72% dos resultados satisfatórios destacados em **verde** (valores da profundidade média da macrotextura maiores que 0,6 mm). Vale ressaltar que a Instrução Suplementar (IS) N.º 153.205-001(B)/2020 e Resolução RBAC N.º 153, avaliam do ponto de vista da Macrotextura do Pavimento, como podemos observar na figura 22.

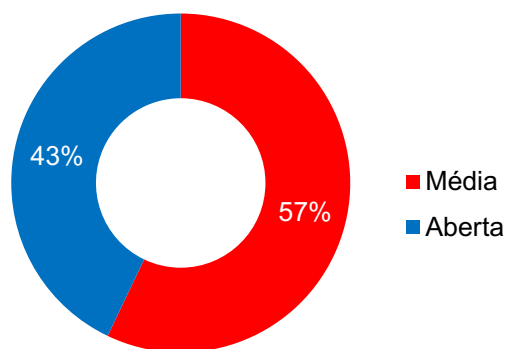
Figura 22 – Percentual dos resultados Satisfatórios e Irregulares.



Fonte: Autoria Própria, (2022)

A figura 23 apresenta os resultados obtidos da classificação da Macrotextura do Pavimento, na qual se obteve 43% de texturização Aberta e 57% de Texturização Média.

Figura 23 – Percentual da Texturização do Pavimento.



Fonte: Autoria Própria, (2022)

As figuras 22 e 23 demonstram que a textura superficial do pavimento da pista de pouso e decolagem possuem uma certa equidade na classificação segundo os critérios da ANAC. Isso significa que existe uma boa capacidade drenante resultante da Macrotextura aberta, pois, há formações de canais entre as dimensões por onde a água escoar.

De fato, altos valores da profundidade média da Macrotextura do pavimento, influenciam diretamente sobre a resistência ao rolamento, nível de pressão sonora, drenagem superficial da pista, esguicho e pulverização da água e reflectividade da luz (faróis) (NOYCE, D.A. *et al.*, 2005). Analogamente, valores menores da profundidade média da Macrotextura do pavimento, colocam em risco principalmente as forças de atrito que atuam aderência pneu-pavimento, ocorrendo riscos de derrapagens, em pista molhada Fehrl (2006).

A macrotextura desigual não fornece a imersão adequada para um contato pneu-pavimento eficaz. Como há menos água na superfície, há menos chance da hidroplanagem ocorrer, e a interação pneu-pavimento se torna mais evidente, tornando as operações mais seguras no geral (ANAC, 2018).

Com o aumento das solicitações de pouso e decolagens diárias é normal, que a macrotextura sofra modificações com o tempo, devido ao desgaste do agregado.

A ANAC - RBAC N° 153 - 01 (2016), estabelece que o operador do aeródromo deve estabelecer e implementar um sistema de manutenção de toda a infraestrutura aeroportuária, sendo capaz de mandar as condições físicas e operacionais nos padrões exigidos no regulamento e outras normativas. O programa de manutenção deve conter processos contínuos de: monitoramento, manutenção preventiva e manutenção corretiva.

O mesmo regulamento estabelece uma frequência mínima de medições de macrotextura de acordo com a média de pousos diários de aeronaves de asa fixa com motor à reação, na cabeceira predominante, conforme apresentado na tabela 6.

Tabela 6 – Frequência mínima de medições de macrotextura

Faixas	Média de pousos diários de aeronave de asa fixa com motor à reação, na cabeceira predominante	Frequência de medições de macrotextura
1	Menos de 15	<i>Cada 360 dias</i>
2	16 a 30	<i>Cada 180 dias</i>
3	31 a 90	<i>Cada 90 dias</i>
4	91 a 150	<i>Cada 60 dias</i>
5	151 a 210	<i>Cada 30 dias</i>
6	Mais de 210	<i>Cada 30 dias</i>

Fonte: ANAC – RBAC Nº 153–01 (2016).

A ANAC (2020) de modo individualista, ainda orienta a analisar profundidade média da Macrotextura em cada um dos Terços da pista de pouso e decolagem, apresentadas na tabela 7.

Tabela 7 – Classificação da Macrotextura do Pavimento para os **Terços** da pista 12/30 ANAC (2016)

PARTIÇÃO	HSm (mm)	CLASSIFICAÇÃO
1º Terço	0,54	<i>Média</i>
2º Terço	0,68	<i>Média</i>
3º Terço	0,91	<i>Aberta</i>

Fonte: Autoria Própria, (2022).

Analisando os resultados obtidos em cada terço da pista do Aeroporto, obtivemos dois valores que satisfazem a Instrução Suplementar e um valor que não satisfaz. O que tipifica ao operador do Aeródromo/Aeroporto a revisar as manutenções nesse terço da pista de pouso e decolagem.

Os resultados obtidos no 1º terço (entre 100 metros e 400 metros) da pista apresentaram valores abaixo da média regulamentada pela ANAC (HSm < 0,6 mm), isso se deve, muito provavelmente, ao acúmulo de borracha oriundo do pneu das aeronaves por serem nesses pontos os onde ocorrem os toques dos pneus das aeronaves na pista nas operações de pouso.

O 2º e 3º terço da pista apresentaram valores satisfatórios e estão nos padrões exigidos pela ANAC. Vale, salientar que o 3º terço da pista de pouso e decolagem apresentou uma classificação de macrotextura aberta. Isso se deve provavelmente pela escolha dos pilotos a não utilizarem a cabeceira 30 preferencialmente como escolha para o pouso e decolagens ou manobras de taxiamento.

Para efeitos de comparação com outras fontes bibliográficas as tabelas 8 e 9, apresentam os resultados da classificação pelo DER-MG (2005) e APS (2006) respectivamente.

Tabela 8 – Classificação da Macrotextura do Pavimento para os **Terços** da pista 12/30 pelo DER-MG (2005)

PARTIÇÃO	HSm (mm)	CLASSIFICAÇÃO
1º Terço	0,54	<i>Média</i>
2º Terço	0,68	<i>Média</i>
3º Terço	0,91	<i>Grosseira ou Aberta</i>

Fonte: Autoria Própria, (2022).

Pela tabela 8, podemos verificar que o Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais, considera o terceiro terço da PPD, como grosseira ou Aberta.

Tabela 9 – Classificação da Macrotextura do Pavimento para os **Terços** da pista 12/30 pela APS (2006)

PARTIÇÃO	HSm (mm)	CLASSIFICAÇÃO
1º Terço	0,54	<i>Média</i>
2º Terço	0,68	<i>Média</i>
3º Terço	0,91	<i>Medianamente Grosseira</i>

Fonte: Autoria Própria, (2022).

A classificação com (APS, 2006), a nomenclatura se confirma como Medianamente Grosseira. Demonstrando, novamente, como uma Macrotextura aberta.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho, demonstram quão necessário aprofundar-se do conhecimento sobre os critérios da pavimentação aeroportuária. De fato, ao analisar os dados obtidos, verificamos com abundância os critérios intrínsecos a texturização dos pavimentos.

As operações necessárias ao funcionamento básico do Aeródromo/Aeroporto, demonstram a complexidade do mecanismo desse modal aeroportuário, seguindo critérios operacionais rigorosos de segurança aérea, como a exigência de manutenções periódicas ao operador do aeródromo ou aeroporto.

A ANAC e a Infraero desempenham papéis importantíssimos para o funcionamento perfeito dos voos, regulamentando e instruindo os operadores a diminuir os riscos de acidentes no Brasil.

Quando critérios de segurança são quebrados, formamos um elo de corrente que desencadeia uma série de acontecimentos que podem ou não causar um acidente aéreo. Uma pavimentação realizada com referências normativas, atendendo os parâmetros de segurança e conforto, são ligeiramente aceitos pela sociedade como padrão de qualidade.

Os custos de manutenções referentes a pistas de pavimentos flexíveis ou rígidos são primordialmente atrelados a obtenção dos dados de irregularidades presentes. Como verificado anteriormente, a pista de pouso e decolagem do aeroporto Brigadeiro Firmino Ayres em Patos, PB, apresenta boas condições de operações, levando-se em consideração a Macrotextura do seu pavimento.

Além de avaliações periódicas e vistorias externas e internas são necessárias para ampliação do conforto e segurança dos passageiros. A cidade de Patos possui grande potencial de expansão das áreas úteis de operação, visto a projeção de passageiros de voos ao longo dos anos como informado no gráfico 1.

Outras análises e ensaios são necessários para complementação do estudo realizado nesse trabalho, porém, independentemente das adequações existentes ao Aeroporto Brigadeiro Firmino Ayres, faz-se necessária cautela para continuarem mantendo as boas condições da pista de pouso e decolagem, imputando padrões de segurança, conforto e durabilidade. Faz-se necessário também, verificação além perímetro do Aeroporto, afim de verificar diversidade

biológica, níveis de pressão sonora, estudos de levantamento topográfico e possíveis áreas de expansões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAC (AGÊNCIA NACIONAL DA AVIAÇÃO CIVIL). ABNT. RBAC Nº 153 - EMENDA nº 01: AERÓDROMOS – **OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E RESPOSTA À EMERGÊNCIA**. Brasília, 2016. 96 p.

ANAC (AGÊNCIA NACIONAL DA AVIAÇÃO CIVIL). IS Nº 153.205-001 – **Orientações para a execução do ensaio volumétrico tipo mancha de areia e para a elaboração de relatórios de medição de condições operacionais**. Brasília, 2016. 19 p.

ARAÚJO, Igo Maxwell Pereira. **Textura, atrito e seus indicadores: uma inspeção na pista do Aeroporto Presidente João Suassuna**. 2019. 136f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) - Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2019.

APS, M. (2006) **Classificação da Aderência Pneu-Pavimento pelo Índice Combinado IFI – International Friction Index para Revestimentos Asfálticos**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica – USP, São Paulo, SP.

ASTM E-965-96 (2001). **Standart Test Method for Measuring Surface Macro Texture Depth using a Volumetric Technique**. 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.

Cabral, Manoel & Albuquerque, Fernando & de Freitas Neto, Osvaldo & Albuquerque, Tatiana. (2013). **Estudo dos mecanismos de geração de ruído de tráfego na interface pneu-pavimento**. TRANSPORTES. 22. 1. 10.14295/transportes.v22i1.675.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Rio de Janeiro, Brasil: DNIT, 2006. (Publicação IPR720).

ELÉSPURU, Giuliana Barraza. **Resistencia al deslizamiento en pavimentos flexibles: propuesta de norma peruana**. 2004. 81P. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, 2004.

FEDERATION AVIATION ADMINISTRATION. **Measurement, construction and maintenance of skid-resistant airport pavement surfaces**. (1997) Advisory Circular – AC 150/5320-12C. Federal Aviation Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC.

FEHRL. **SILVIA - Guidance Manual for the Implamentation of low-noise road surfaces**. FEHRL. Bélgica, Bruxelas: 2006. 318 p.

FERREIRA, P. N.. **Avaliação da Macrotextura de Trechos Pavimentados de Rodovias Estaduais Situadas na Região Insular do Município de Florianópolis**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

GOODYEAR AVIATION. **Aircraft Tire Care & Maintenance**. Akron, OH: The Goodyear Tire & Rubber Company, 2016.

JACQUES, Guilherme Ebani- **Análise Mecanística-Empírica de um Pavimento Dimensionado pelo Método do DNER: Estudo de caso da Duplicação da Rodovia RSC-287 em Santa Cruz do Sul**. Trabalho apresentado para obtenção de Bacharel em Engenharia Civil – Faculdade UNISC Santa Cruz do Sul, 2015.

LIMA JÚNIOR et al (2012): **Comparative analysis of coefficients of friction on runways of Fortaleza/CE and Parnaíba/PI Airports**.

LOPES; Flaviane Melo – **Pavimentos Flexíveis com Revestimento Asfáltico – Avaliação Estrutural a Partir dos Parâmetros de Curvatura da Bacia de Deformação**. Dissertação de Pós-

Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, 17 Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas em Engenharia Civil, na área de concentração de Transportes, 2012.

MATTOS, J. R. G. **Avaliação da aderência pneu-pavimento e tendências de desempenho para a rodovia BR-290/RS**. 2009. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009

MEURER FILHO, E. **Estudo de Granulometria Para Concretos Asfálticos Drenantes**. 2001. 163 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001

MOMM, L. **Estudo dos efeitos de granulometria sobre a macrotextura superficial do concreto asfáltico e seu comportamento mecânico**. 1998. 259 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANDBERG, U. E EJSMONT, J. **Tyre/Road Noise Reference Book**. INFORMEX Ejsmont Sandberg Handelsbolag. Kisa: Sweden. 2002

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 Pós-graduação em Engenharia de Transportes. UFC. Fortaleza, CE.

OLIVEIRA, Henrique Foster. **Contribuição para análise da ocorrência de aquaplanagem em rodovias**. 2018. 195P. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

PIARC, Permanent International Association Of Road Congresses. **Report of the committee on surface characteristics**. In: WORLD ROAD CONGRESS, 18, 1987, Brussels, Proceedings... PIARC, Paris, France, 1987..

RIBEIRO, L.M.B, **Estudo da drenabilidade de pavimentos aeroportuários através de equipamento do tipo outflow meter**. 2012. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2012.

RODRIGUES FILHO, O.S. **Características de aderência de revestimentos asfálticos aeroportuários – estudo de caso do aeroporto internacional de São Paulo / Congonhas**. 2006. 263 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SUZUKI, C. Y. **Notas de Aula - PTR5748 DRENAGEM DE ESTRADAS E AEROPORTOS**. São Paulo: Departamento de Engenharia de Transportes-POLI/USP, 2015.

VEDANA, C. **Avaliação da macrotextura e drenabilidade em pistas de aeroportos de Mato Grosso**. 2014. 31f. Projeto de Pesquisa (Graduação em Engenharia Civil), Universidade do Estado de Mato Grosso. Sinop.

WAMBOLD , James C.; ANTLE, Charles E.; HENRY, J.J.; RADO, Zoltan. **International PIARC Experiment to compare and to harmonize texture and skid resistance measurements**. PIARC: PIARC Technical Committee on Surface Characteristics.[...], 1995. 346p.

Wells, A. T. e Young, S. B. (2004) **Airport Planning & Management. 5th Edition**. McGraw-Hill. New York, USA.

ANEXOS

APÊNDICE (1)

Dados brutos

N	POSIÇÃO	MARCO (m)	DIÂMETROS (mm)		
-	D (Dir.)	0	Medidas individuais		
1	E (Esq.)	100	210	220	220
2	D (Dir.)	200	240	260	260
3	E (Esq.)	300	210	260	250
4	D (Dir.)	400	270	240	290
5	E (Esq.)	500	230	250	210
6	D (Dir.)	600	220	200	200
7	E (Esq.)	700	230	230	250
8	D (Dir.)	800	210	170	210
9	E (Esq.)	900	195	225	220
10	D (Dir.)	1000	180	185	130
11	E (Esq.)	1100	190	180	200
12	D (Dir.)	1200	200	220	180
13	E (Esq.)	1300	200	195	190
14	D (Dir.)	1400	180	185	195

Fonte: Autoria Própria (2022).

APÊNDICE (2)

Tabela A-1 Código de referência do aeródromo

Data da emissão: 16 de junho de 2021.
Data de vigência: 1º de julho de 2021.

RBAC nº 154
Emenda nº 07

Tabela A-1 Código de referência do aeródromo (Alterado pela Resolução nº 465, de 13.03.2018)

Elemento 1 do Código	
Número do código	Comprimento básico de pista requerido pela aeronave
1	menor que 800 m
2	maior ou igual a 800 m e menor que 1200 m
3	maior ou igual a 1200 m e menor que 1800 m
4	maior ou igual a 1800 m
Elemento 2 do Código	
Letra do código	Envergadura
A	menor que 15 m
B	maior ou igual a 15 m e menor que 24 m
C	maior ou igual a 24 m e menor que 36 m
D	maior ou igual a 36 m e menor que 52 m
E	maior ou igual a 52 m e menor que 65 m
F	maior ou igual a 65 m e menor que 80 m

Fonte: ANAC (2021)

APÊNDICE (3)

Tabela A-2 - Valores de resistência de subleito para aplicação do método ACN-PCN em pavimentos flexíveis ou mistos

Categoria do subleito [1]	Resistência do subleito CBR [2]	Resistência do subleito normalizada CBR [3]	Código [4]
Alta	$\text{CBR} \geq 13$	15	A
Média	$8 < \text{CBR} < 13$	10	B
Baixa	$4 < \text{CBR} \leq 8$	6	C
Ultrabaixa	$\text{CBR} \leq 4$	3	D

Fonte: ANAC (2021)

Tabela A-3 - Código de pressão dos pneus para aplicação do método ACN-PCN

Categoria [1]	Código [2]	Pressão máxima permitida nos pneus (MPa) [3]
Ilimitada	W	Sem limite de pressão
Alta	X	Pressão limitada a 1,75 MPa
Média	Y	Pressão limitada a 1,25 MPa
Baixa	Z	Pressão limitada a 0,5 MPa

Fonte: ANAC (2021)