

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DE MACROTEXTURA E MICROTEXTURA
EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS - ESTUDO DE CASO

JOÃO PEDRO VIEIRA GURGEL

ORIENTADOR: FÁBIO ZANCHETTA
COORIENTADORA: MICHELLE ANDRADE

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM
TRANSPORTES

BRASÍLIA / DF: DEZEMBRO/2019

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DE MACROTEXTURA E MICROTEXTURA
EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS - ESTUDO DE CASO**

JOÃO PEDRO VIEIRA GURGEL

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

**FÁBIO ZANCHETTA, Eng^o Civil, Dr. (USP)
(ORIENTADOR)**

**MICHELLE ANDRADE, Eng^a Civil, Dra. (UnB)
(EXAMINADORA)**

**RAFAEL CERQUEIRA SILVA, Eng^o Civil, Dr. (UnB)
(EXAMINADOR)**

**GISANDRA FARIA DE PAULA, Eng^a Civil, Mestre (UnB)
(EXAMINADORA)**

DATA: BRASÍLIA/DF, 04 de DEZEMBRO de 2019.

FICHA CATALOGRÁFICA

GURGEL, JOÃO PEDRO VIEIRA

Avaliação de Macrotextura e Microtextura Em Pavimentos Asfálticos - Estudo De Caso [Distrito Federal] 2019.

xii, 62 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2019)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Macrotextura

2. Microtextura

3. Condição do Pavimento

4. Pavimento asfáltico

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GURGEL, J.P.V. (2019). Análise da Relação entre Condição do Pavimento e Acidentalidade. Monografia de Projeto Final, Publicação G.PF-001/19, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 63 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: João Pedro Vieira Gurgel

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Avaliação de Macrotextura e Microtextura Em Pavimentos Asfálticos - Estudo De Caso

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2019

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

João Pedro Vieira Gurgel

SHCES 305 G 205

Cruzeiro Novo

70650-357 – Brasília/DF – Brasil

*Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre
estiveram ao meu lado em momento difíceis.*

AVALIAÇÃO DE MACROTEXTURA E MICROTEXTURA EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS - ESTUDO DE CASO

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso relacionado à condição de macrotextura e microtextura do pavimento de vias selecionadas no Distrito Federal. Para isso, o primeiro passo realizado foi a determinação das melhores vias a serem estudadas e do melhor método para se realizar o estudo. Esta avaliação pode ser feita por diversos métodos, portanto, a escolha do método utilizado foi dada, principalmente, devido à disponibilidade de equipamentos existentes. Após a obtenção de dados referentes aos ensaios realizados em campo, foram levantadas possíveis hipóteses a respeito das causas e soluções aos problemas apresentados. Assim, o resultado obtido foi a determinação das intervenções no pavimento, com o objetivo de sanar os problemas observados por meio dos ensaios de campo, nos trechos estudados.

Palavras-chave: Macrotextura, Microtextura, Condição do Pavimento, Pavimento Asfáltico.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	OBJETIVOS	3
1.1.1	Objetivo Geral	3
1.1.2	Objetivos Específicos	3
1.2	JUSTIFICATIVA	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	ATRITO	6
2.2	MACROTEXTURA.....	7
2.2.1	Ensaio de Mancha de Areia	8
2.3	MICROTEXTURA	11
2.3.1	Ensaio de Pêndulo Britânico.....	12
2.3.2	Ensaio de <i>Grip Tester</i>	13
2.4	<i>GROOVING</i>	14
2.4	<i>INTERNACIONAL FRICTION INDEX (IFI)</i>	15
2.5	ESTUDOS DE MACROTEXTURA E MICROTEXTURA EM RODOVIAS...	17
3	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1	MATERIAIS	20
3.1.1	Obtenção dos dados	20
3.1.2	Equipamentos utilizados.....	21
3.2	MÉTODOS	23
3.2.1	Determinação dos pontos de ensaio.....	23
3.2.2	Método para execução e análise do ensaio de mancha de areia	23
3.2.3	Método para execução e análise do ensaio de pêndulo britânico	25
4	RESULTADOS.....	27
4.1	RESULTADOS DA DF – 001.....	27

4.1.1	Macrotextura da DF – 001	27
4.1.2	Microtextura da DF – 001	28
4.1.3	Intervenção na DF – 001	30
4.2	RESULTADOS DA DF – 150.....	32
4.2.1	Macrotextura da DF – 150.....	32
4.2.2	Microtextura da DF – 150	33
4.2.3	Intervenção na DF – 150	35
4.3	RESULTADOS DA DF – 440.....	37
4.3.1	Macrotextura da DF – 440.....	37
4.3.2	Microtextura da DF – 440	38
4.3.3	Intervenção na DF – 440	40
5.	CONCLUSÃO	42
6.	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	43
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
	ANEXO 1 – PLANTA DOS ENSAIOS DE MACROTEXTURA E MICROTEXTURA DA DF-001	47
	ANEXO 2 – PLANTA DOS ENSAIOS DE MACROTEXTURA E MICROTEXTURA DA DF-150	49
	ANEXO 3 – PLANTA DOS ENSAIOS DE MACROTEXTURA E MICROTEXTURA DA DF-440	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1- Influência dos fatores que contribuem para acidentes de trânsito	2
Figura 2.1- Representação da força de atrito em oposição ao movimento de um corpo..	6
Figura 2.2- Macrotextura e microtextura em pavimentos.	8
Figura 2.3- Realização do ensaio de mancha de areia.....	9
Figura 2.4- Procedimento para execução do ensaio de mancha de areia	10
Figura 2.5- Realização do ensaio de pêndulo britânico.....	13
Figura 2.6- Equipamento para a realização do ensaio de Grip Tester.....	14
Figura 2.7- Utilização do <i>grooving</i>	15
Figura 3.1- Localização dos trechos ensaiados	21
Figura 3.2- Equipamento de Pêndulo Britânico utilizado	22
Figura 3.3- Conjunto de equipamentos de mancha de areia utilizados	22
Figura 3.4- Exemplo de peneira granulométrica utilizada	24
Figura 3.5- Metodologia para análise e coleta de dados.....	26
Figura 4.1- Gráfico de macrotextura x microtextura no pavimento na DF 001	31
Figura 4.2- Gráfico de macrotextura x microtextura no pavimento na DF 150	36
Figura 4.3- Gráfico de macrotextura x microtextura no pavimento na DF 440	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Estudo de macrotextura do pavimento por SPECHT et al.	17
Tabela 2.2- Estudo de macrotextura e microtextura do pavimento por FERREIRA, 2016	18
Tabela 2.3- Estudo de macrotextura do pavimento por PEDER, 2017	18
Tabela 2.4- Estudo de macrotextura e microtextura do pavimento por MATTOS, 2009	19
Tabela 3.1- Avaliação de macrotextura do pavimento	24
Tabela 3.2- Avaliação de microtextura do pavimento.....	25
Tabela 4.1- Leituras de macrotextura da DF 001	27
Tabela 4.2- Classificação da macrotextura da DF - 001.....	28
Tabela 4.3- Leituras de microtextura da DF 001	29
Tabela 4.4- Classificação da microtextura da DF - 001	29
Tabela 4.5- Leituras de macrotextura da DF 150	32
Tabela 4.6- Classificação da macrotextura da DF - 150.....	33
Tabela 4.7- Leituras de microtextura da DF 150.....	34
Tabela 4.8- Classificação da microtextura da DF - 150	34
Tabela 4.9- Leituras de macrotextura da DF 440	37
Tabela 4.10- Classificação da macrotextura da DF - 440.....	38
Tabela 4.11- Leituras de microtextura da DF 440.....	38
Tabela 4.12- Classificação da microtextura da DF - 440	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO – *American Association of State Highway and Transportation Officials.*

ASTM – *American Society for Testing and Materials.*

CNT – Confederação Nacional do Transporte.

DER-DF – Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

FHWA – *Federal Highway Administration.*

IFI – Índice Internacional de Atrito.

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias.

MP – Manual de Procedimentos.

PRF – Polícia Rodoviária Federal.

VRD – Valor de Resistência à Derrapagem.

1 INTRODUÇÃO

A importância de estudos relacionados a uma maior segurança e eficiência do sistema de transportes rodoviários pode ser observada pelo grau de utilização destes meios de transporte no nosso país. O desenvolvimento do país no século XX motivou a ampliação da infraestrutura dos sistemas de transporte nacionais, com ênfase no transporte rodoviário. Além disso, a partir da década de 1940 e 1950, a construção de rodovias foi fortemente impulsionada devido a três fatores relacionados a seguir.

O primeiro fator foi a criação do Fundo Rodoviário Nacional, em 1946. Segundo o artigo O Fundo Rodoviário Nacional, publicado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), a arrecadação dos impostos deste fundo era destinada à construção, conservação e melhoramentos das rodovias compreendidas no Plano Rodoviário Nacional e ao auxílio às demais unidades federativas para a execução dos sistemas rodoviários regionais. O segundo fator foi a fundação da Petrobrás, em 1954, tornando-se uma grande produtora nacional de asfalto. Além disso, o terceiro fator está ligado à chegada de indústrias automotivas ao país.

Após esse intenso desenvolvimento da malha rodoviária nacional, a rede de estradas e rodovias nacionais conta com mais de 1.720.700,00 quilômetros de extensão, segundo dados do Anuário CNT de Transportes de 2018. Assim, configura-se na rede de transporte com maior volume de tráfego do país.

Esses fatores mencionados anteriormente são influenciados por problemas relacionados ao: condutor, ao veículo e às condições da via. Uma pesquisa realizada pela EMBARQ Brasil (2017) estimou a influência de cada um destes pilares na ocorrência dos acidentes, chegando à conclusão que em 92% dos acidentes o condutor teve influência na ocorrência do acidente, em 26% a via foi fator contribuinte e em apenas 7% o veículo teve participação, como pode ser observado na Figura 1.1.

Neste trabalho, foram realizados estudos acerca da condição da textura do pavimento, importante fator que está diretamente ligado à distância de frenagem dos veículos na via projetada, já que, condições inadequadas de textura do pavimento podem acarretar um aumento do número de acidentes nestas vias. Desta forma, é interessante trazer informações a respeito dos principais fatores responsáveis por desencadear eventos que possam causar acidentes viários.

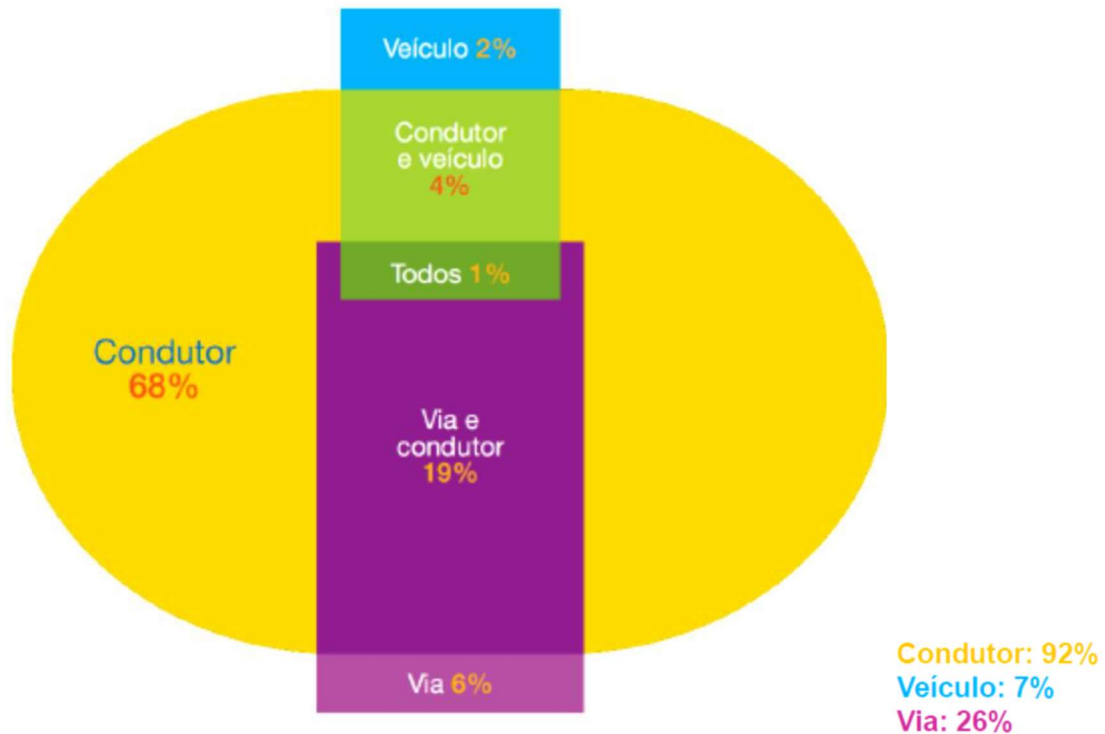


Figura 1.1- Influência dos fatores que contribuem para acidentes de trânsito

Como pode-se observar, embora o fator “condutor” esteja presente em mais de noventa por cento dos casos, o fator “via” também tem uma influência considerável na totalidade das ocorrências, estando presente em mais de um quarto dos acidentes.

Ferraz *et al.* (2012) expressam que a filosofia de segurança no trânsito pode ser sintetizada na seguinte proposição: “como é inevitável a ocorrência de falhas humanas, o sistema de trânsito deve ser projetado e operado de modo a absorver os erros de condutores e pedestres, evitando mortes e lesões graves.”. Assim, além de realizar programas que visem a conscientização dos condutores e medidas que evitem o tráfego de veículos sem uma manutenção adequada, devemos realizar estudos que possam melhorar a qualidade e segurança das nossas vias.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é fazer o diagnóstico das vias estudadas a fim de definir se as características de textura apresentadas no pavimento são condizentes com a destinação das mesmas.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para o êxito dos objetivos gerais, as seguintes metas foram traçadas:

- Análise da microtextura do pavimento, por meio do ensaio de pêndulo britânico;
- Análise da macrotextura do pavimento, por meio do ensaio da mancha de areia;
- Sugestão de possíveis intervenções para melhorar as condições de segurança das vias.

1.2 JUSTIFICATIVA

Acidentes de trânsito sempre causam transtorno aos motoristas e muitas vezes são responsáveis por causar enormes engarrafamentos. Além destes transtornos, a diminuição destas ocorrências reduz os números de mortes e feridos, diminuindo gastos públicos e, principalmente, salvando vidas. Com a análise da textura do pavimento, busca-se reduzir estes índices.

Acidentes graves podem afetar a rotina e a cadeia produtiva de cidades e até Estados, uma vez que os congestionamentos causados impedem o tráfego de funcionários necessários para a produção de serviços e mercadorias, impactando também diretamente na economia local e regional. Além dos custos relacionados aos agentes públicos necessários para sanar os problemas gerados.

Mais gastos ainda são gerados devido ao elevado número de acidentes causados por acidentes viários que poderiam ser evitados com a devida gestão da pista. Alguns desses gastos são de indenizações e de despesas médicas dos envolvidos, arcados pelos recursos públicos. Assim, o estudo a ser realizado se justifica com base na tentativa de reduzir as despesas anteriormente citadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O número de vítimas e as sequelas causadas pelos inúmeros acidentes de trânsito fazem com que este seja um grave problema a ser resolvido nos dias atuais. As consequências oriundas destes incidentes trazem danos físicos, muitas vezes fatais, mentais ou psicológicos para os acidentados, impedindo-os de uma vida normal.

Caso não sejam adotadas medidas impeditivas, a previsão é de que o número de ocorrências de acidentes letais possa chegar a 1,9 milhões de pessoas até 2020 (Ferraz *et al*, 2012). Para chegar a estes números, considerou-se um aumento de óbitos de 80% nos países em desenvolvimento e uma redução de 30% nas nações mais desenvolvidas.

A realidade brasileira não é boa quando comparada a outros países desenvolvidos ao redor do mundo, uma vez que o país apresenta índices de mortes de 6 a 12 vezes superiores a estas nações por bilhão de quilômetros percorridos (Ferraz *et.al*, 2012). A severidade desses dados é tão grande que apresenta-se como uma das principais causas de morte no Brasil. Dados do Datasus, de 2012, indicam que 45 mil pessoas por ano fazem devido a estas causas. Além disso, dados do ano de 2014 fornecidos pela Polícia Rodoviária Federal (PRF), obtidos no Relatório de Estimativa dos Custos dos Acidentes de Trânsito realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), no Brasil mostram que houve, naquele ano, 167.247 acidentes apenas em rodovias federais, gerando um custo de R\$ 12,8 bilhões para a sociedade.

Desta forma, busca-se uma análise que permita a realização da identificação, análise e de propostas de correção de pontos considerados mais importantes e que gerem uma maior probabilidade de acidentes, como sugerido por Gold (1998). Tudo isso levando em consideração os custos relacionados às medidas propostas.

A seguir, serão tratados alguns tópicos relacionados à textura dos pavimentos, que podem ser relevantes nos estudos que visam reduzir o número de acidentes ocasionados pela influência da via.

2.1 ATRITO

Um fator de suma importância para a análise da segurança viária é o atrito, atuante principalmente na superfície pneu-pavimento. Segundo Halliday (2006), a força de atrito pode ser definida como uma força exercida por uma superfície em um corpo quando este desliza ou tenta deslizar sobre a superfície. Esta força é paralela à superfície e possui sentido oposto ao deslizamento, como pode ser observado na Figura 2.1. O valor desta força depende de uma força normal à superfície, relacionada ao peso do veículo, e de um coeficiente de atrito que pode ser estimado por ensaios de campo ou por métodos empíricos durante a etapa de dimensionamento do pavimento, levando em consideração a faixa granulométrica do agregado utilizada no pavimento.

O atrito possui relevância fundamental neste estudo pois está diretamente envolvido em grande parte dos acidentes observados, uma vez que por meio do atrito existente entre o pneu e o pavimento é possibilitada a ocorrência do movimento dos veículos. Além de estar diretamente ligado a fatores como o tempo e distância de frenagem e a possibilidade de derrapagem e perda de controle no veículo.

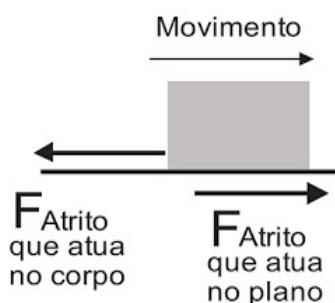


Figura 2.1- Representação da força de atrito em oposição ao movimento de um corpo

Com isso, observa-se que as características de microtextura e macrotextura estão intrinsecamente ligadas ao atrito gerado na superfície pneu-pavimento, uma vez que diferentes texturas de vias geram coeficientes de atrito diversos e, conseqüentemente, diferentes forças de atrito para os mesmos veículos em pistas distintas.

Verifica-se também a necessidade de analisar a influência de algumas das principais propriedades da pista capazes de afetar os valores de microtextura e macrotextura nos

pavimentos asfálticos. Algumas dessas propriedades são: a capacidade drenante dos pavimentos, a declividade transversal da pista e os possíveis defeitos presentes na estrutura do pavimento. No entanto, primeiramente se faz necessário abordar conceitos fundamentais de macrotextura e microtextura.

2.2 MACROTEXTURA

A macrotextura é caracterizada pela rugosidade apresentada pelo conjunto agregados-mástique, levando em consideração uma superfície plana do pavimento. Deste modo, o traço do concreto asfáltico influencia fortemente na macrotextura do pavimento, uma vez que a maior presença de agregados graúdos faz com que o topo do pavimento esteja normalmente acima da linha média da superfície e gere grande volume de espaços vazios entre as partículas mais próximas. A macrotextura está basicamente relacionada à escolha do traço do concreto asfáltico, enquanto a microtextura relaciona-se à rugosidade superficial dos agregados utilizados (MERIGUI, 2006), conforme observado na Figura 2.2.

A importância da macrotextura em pavimentos pode ser observada na interferência direta na drenagem superficial da superfície do pavimento, ao aumento de consumo de combustível nos veículos que circulam na via, desgastes nos pneus e níveis de ruídos gerados pela interação pneu-pavimento.

Para a mensuração

Existem basicamente três classes de equipamentos para mensurar a macrotextura: volumétricos, de drenabilidade e perfilômetro (MATTOS, 2009). Volumétricos: método pontual que avalia macrotextura da superfície de um pavimento através da distribuição, em círculo, de um volume conhecido de grânulos de vidro ou areia padronizada. A profundidade média de textura (MTD) é obtida pela razão entre o volume e área do círculo por meio do ensaio de Mancha de Areia (RODRIGUES, 2013). Drenabilidade: este método consiste em mensurar a taxa de drenagem de água através da textura e dos espaços vazios da superfície da mistura asfáltica. Essa medida indica o potencial de hidroplanagem de uma superfície em função do tempo de escoamento da água pelas ranhuras do pneu. O ensaio consiste em medir o tempo necessário para um volume

conhecido de água passar sob uma marcação conhecida do cilindro. O tempo de saída da água indica a macrotextura do pavimento. No caso de ser um tempo baixo, ele indica superfícies ásperas, caso contrário indica superfícies mais lisas (APS, 2006). Perfilômetro: geralmente dispositivos a laser que medem o perfil da superfície ao longo de um trecho. O dispositivo medidor de textura gera perfis longitudinais da superfície do pavimento, obtendo-se dois índices: a profundidade perfil (MPD) e raiz média quadrática (RMS). O primeiro índice representa a média dos picos mais altos do perfil e o segundo é um valor estatístico que indica o quanto os dados medidos se afastam de um ajuste perfeito dos dados. Esses dados são transmitidos e armazenados em um computador portátil (NCHRP, 2009; RODRIGUES, 2013).

Um dos métodos mais comuns para mensuração dessas propriedades é o ensaio de Mancha de Areia, para a medição de macrotextura, e ensaio de Pêndulo Britânico, para a medição de microtextura. Estes dois ensaios são os ensaios previstos para avaliação destas propriedades no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006).

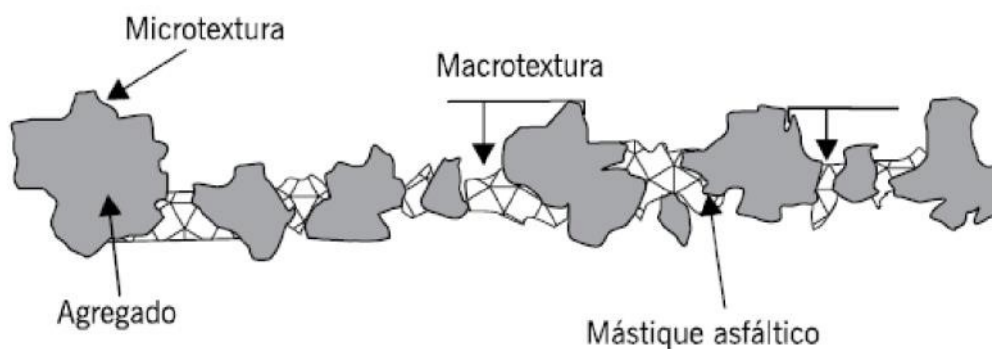


Figura 2.2- Macrotextura e microtextura em pavimentos.

Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2007.

2.2.1 Ensaio de Mancha de Areia

Para a realização do ensaio de Mancha de Areia, Figura 2.3, existem algumas bibliografias que detalham os procedimentos adotados, como o manual MP – 22.04 (MNT), 2007, disponibilizados pela empresa Infraero e o Método ASTM E 965-96 (2006), citado no Manual 112/2009 do DNIT. Ambos o métodos em questão são

similares, diferenciando-se apenas no volume de areia graduada utilizada no ensaio. Neste estudo, o método utilizado foi o previsto no manual do DNIT, pela disponibilidade de material para a execução dos testes de campo.



Figura 2.3- Realização do ensaio de mancha de areia

Fonte: ARTERIS E 965 – 16.

O material necessário para a execução do ensaio é:

- Areia uniforme de formato esférico, cujos grãos passam pela peneira de abertura de 0,3 mm (#50) e ficam retidos na peneira com abertura de 0,15 mm (#100);
- Recipiente de metal ou plástico, com um volume interno predeterminado de 25.000 mm³;
- Disco plano de aproximadamente 25 mm de espessura e entre 60 e 75 mm de diâmetro;
- Pincel;
- Dispositivo de proteção com dimensões mínimas de 50 cm x 50 cm para ser posicionado em volta da areia durante a realização do ensaio.

Assim, para a correta aferição das medições, deve-se ater aos seguintes procedimentos:

- Limpar com o pincel a superfície do pavimento a ser ensaiado, a fim de retirar quaisquer materiais que possam interferir no resultado do ensaio;
- Medir o volume de 25.000 mm³ da areia graduado com o auxílio do recipiente de metal e espalhar no pavimento;
- Quando houver interferência de vento e turbulência provocado pelo tráfego de veículos, utilizar o dispositivo de proteção;
- Espalhar a amostra de areia, realizando movimentos circulares, com o auxílio do disco plano;
- Por fim, com a régua deve-se realizar quatro medições das dimensões da figura geométrica formada, permitindo posteriormente o cálculo de sua área.

Este procedimento deve ser repetido três vezes para cada ponto demarcado e a cada 100 metros de pista. Na Figura 2.4, podemos observar uma representação de como deve ser realizado o ensaio.

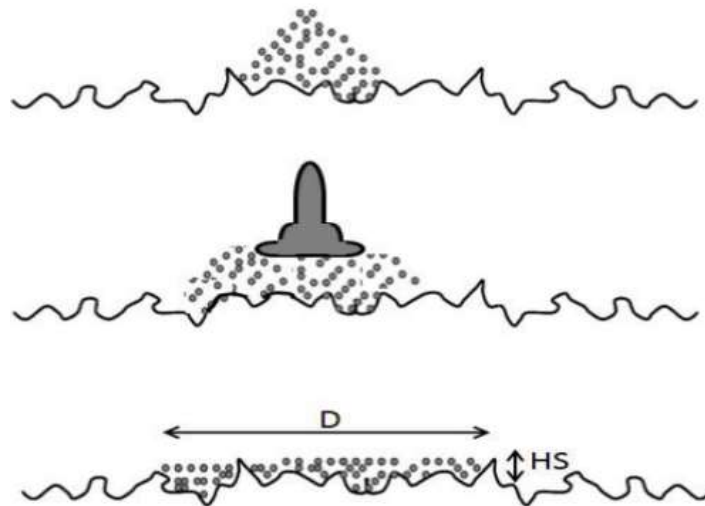


Figura 2.4- Procedimento para execução do ensaio de mancha de areia

Fonte: MATTOS (2009).

Após realizar as medições necessárias, realiza-se o cálculo da Profundidade da Textura Superficial, que para áreas circulares pode ser obtida pela fórmula:

$$\text{Profundidade da Textura Inicial} = \frac{\text{Volume de Areia}}{\text{Área da Mancha de Areia}} = \frac{25.000 \text{ mm}^3}{\frac{\pi D^2}{4}} \quad (01)$$

Em que D corresponde ao diâmetro da mancha aferido em centímetros e a profundidade da textura inicial encontrada possui a unidade em centímetros. Para o cálculo da Média da Textura do Pavimento (T), realizamos os seguintes cálculos:

$$\text{Profundidade Média da Textura} = \frac{\text{Soma de Profundidades da Textura}}{\text{Número Total de Medições}} \quad (02)$$

2.3 MICROTTEXTURA

A microtextura do pavimento está relacionada à própria superfície do agregado mineral, a qual pode ser áspera ou polida. Deste modo, esta propriedade depende das propriedades mineralógicas dos agregados e é de fundamental importância para romper a camada de água quando presente no contato pneu/pavimento (SPECHT *et al.*, 2007).

Uma das formas mais usuais para a avaliação da microtextura do pavimento consiste na utilização do ensaio do Pêndulo Britânico, com seus procedimentos descritos a seguir. A especificação utilizada no ensaio é a ASTM E 303-93, elaborada pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM). A descrição dos princípios de funcionamento deste equipamento é descrita no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT:

“O equipamento consiste de uma placa de borracha simulando a superfície de um pneumático de veículo automotor montada no extremo de um pêndulo que, liberado em queda livre, descreve um arco circular que tangencia e fricciona a superfície do pavimento onde se coloca o aparelho para o ensaio. A diferença de altura entre o centro de gravidade da placa de borracha tomada antes e depois que ela desliza sobre a superfície do revestimento é utilizada para avaliar a perda de energia devido à fricção. As condições do ensaio foram definidas de tal forma que os

valores apresentados no mostrador do equipamento corresponderam ao Valor de Resistência à derrapagem – VDR de uma pneumático padrão derrapando sobre o pavimento a 48 km/h.”

Além do ensaio do Pêndulo Britânico, que é um equipamento estático, ou seja, mede a propriedade de atrito através da determinação da perda de energia cinética que é convertida em força de atrito no local ensaiado, pode-se utilizar equipamentos de medição de atrito em média ou alta velocidade. Estes equipamentos utilizam de um a dois pneus e podem ser divididos em quatro classificações: roda bloqueada; roda oblíqua; roda parcialmente bloqueada ou variável.

2.3.1 Ensaio de Pêndulo Britânico

Para a correta execução do ensaio, deve-se seguir os seguintes procedimentos:

- Limpar a superfície a ser ensaiada, de forma a impedir que possíveis impurezas possam alterar os resultados obtidos;
- Molhar a superfície, a fim de padronizar as condições de ensaio em diferentes tempos climáticos;
- Levantar e travar o pêndulo dinâmico; soltando-o em seguida, permitindo o contato do pêndulo com o solo. Um ponteiro de arrasto indica o valor de leitura do ensaio. A avaliação leva em conta que, quanto maior o atrito entre o pêndulo e a superfície de teste, mais o pêndulo perde energia e maior é o valor de leitura do equipamento.

Seguindo os procedimentos de leitura determinados pela norma utilizada, devem ser realizadas cinco medições. No entanto, para o cálculo do valor final do ensaio deve-se descartar a primeira leitura realizada, a fim de diminuir possíveis interferências de impurezas não retiradas na limpeza prévia. Na Figura 2.5, podemos observar uma ilustração do ensaio.



Figura 2.5- Realização do ensaio de pêndulo britânico

Fonte: <https://bitafal.com.uy/equipo-citevi-resistencia-al-desplazamiento/>, acessado em 06/06/2019.

A capacidade drenante do pavimento e a declividade da pista estão relacionados ao acúmulo de água na superfície do pavimento, reduzindo o atrito pneu-pavimento.

2.3.2 Ensaio de *Grip Tester*

O ensaio de *Grip Tester* é um ensaio de medição de microtextura do tipo de média ou alta velocidade e com medidas de atrito de modo contínuo. Sua estrutura é composta por um reboque de três rodas do tipo deslizômetro (*skiddometer*). Uma das maiores vantagens deste método de ensaio é a velocidade com que as leituras são obtidas e a possibilidade de medição contínua do pavimento, diminuindo a influência de alterações de valores pontuais. Podemos observar na Figura 2.6 o equipamento de *Grip Tester*.



Figura 2.6- Equipamento para a realização do ensaio de *Grip Tester*

Fonte: DEUCHER, 2016.

A realização do ensaio consiste na medição do atrito pneu-pavimento em condições que simulem um estado de superfície molhada pela ocorrência de chuva. Essa simulação é feita através do espargimento de uma vazão constante de água na frente da ‘roda teste’ do equipamento durante o ensaio. Esse tipo de avaliação é reconhecida por organizações internacionais como a *International Civil Aviation Organization* (ICAO) e pela *Permanent International Association of Road Congresses* (PIARC).

2.4 GROOVING

O *grooving* é uma tecnologia antiderrapante que consiste na utilização de ranhuras num sentido transversal à superfície do revestimentos nas vias, afetando diretamente nos valores de macrorugosidade do resvestimento. A vantagem do uso dessa tecnologia é permitir um o aumento da velocidade de escoamento de forma a fornecer um caminho preferencial, além de aumentar a capacidade de absorção de líquido entre as ranhuras, permitindo assim, que menos água entre em contato com os pneus.

O uso dessa tecnologia já é muito difundida no uso de pavimentos aeroportuários, já tendo sido realizadas muitas pesquisas que atestam uma melhoria no atrito pneu-pavimento para

estes casos. A eficácia do uso desta tecnologia foi confirmada pelos estudos publicados por Horne e Dreher (1963), onde verificou-se que a ocorrência do fenômeno de hidroplanagem é inferior em pistas que utilizam o *grooving*. Assim, pelos resultados observados, a utilização desta tecnologia pode ser uma solução para pavimentos que apresentam valores insuficientes de macrotextura.

Na Figura 2.6, pode ser observado os resultados de uma pista com o uso desta tecnologia e máquinas que realizam este serviço.



Figura 2.7- Utilização do *grooving*

Fonte: <http://holemaker.com.br/ranhuras-escoamento-agua-pistas/index.html>, acessado em 11/06/2019.

2.4 INTERNACIONAL FRICTION INDEX (IFI)

O *International Friction Index* (IFI) ou Índice Internacional de Atrito pode ser definido como um índice que busca avaliar a resistência à derrapagem na pista por meio de valores obtidos de macrotextura e de atrito (microtextura) (WANBOLD *et al.*, 1995). A origem deste Índice se deu em uma pesquisa desenvolvida pela PIARC (*Permanent International Association of Road Congress*, atualmente denominada *World Road Association*), que converteu resultados de microtextura e macrotextura comparados e harmonizados em um índice combinado.

Atualmente, a utilização deste índice já encontra-se normatizada por diversas normas mundiais, como a ASTM E 1960-98 *Standard Practice for Calculating International Friction Index of a Pavement Surface*. Além disso, em DNIT (2006) já há recomendações de faixas aceitáveis de resultados obtidos nos ensaios de mancha de areia e pêndulo britânico com referência a faixa de valores de IFI.

Para o cálculo do IFI, utiliza-se dois valores, sendo um relacionado à medidas de macrotextura e outro relacionado à medidas de atrito, por meio de microtextura. (APS, 2006). Para a obtenção destes valores, deve-se proceder a realização de ensaios no pavimento para os valores de atrito (FR) e de textura (T_x), pela utilização de qualquer um dos equipamentos utilizados no experimento realizado pela PIARC.

Os valores resultantes da análise realizada pelo método IFI são: o valor de atrito F_{60} , que indica o atrito provocado na superfície pneu-pavimento com o tráfego de veículos a uma velocidade de deslizamento de 60 km/h; o valor de S_p , que indica a velocidade do coeficiente de atrito que sofre influência da macrotextura do pavimento (T_x). Com base nestes valores obtidos, é possível calcular o o valor de resistência à derrapagem por meio da medição do coeficiente de atrito F_s , para qualquer velocidade de deslizamento S . (SAITO, 2001).

Os resultados obtidos na pesquisa da PIARC foram importantes para obtenção de um escala universal de atrito (F_{60} , S_p) bem delimitada. A obtenção destes valores facilita os estudos de acidentes, avaliações para sistemas de gerência de pavimentos e outras aplicações. Além disso, é possível delimitar valores padronizados de intervenção no pavimento com base em variáveis objetivas.

2.5 ESTUDOS DE MACROTEXTURA E MICROTEXTURA EM RODOVIAS

Serão apresentados a seguir alguns estudos que já realizaram avaliações a respeito de macrotextura e microtextura em rodovias com o intuito de observar e comparar métodos e abordagens que possam beneficiar o presente estudo ou estudos futuros.

A exposição será realizada de forma resumida por meio das Tabela 2.1, Tabela 2.2, Tabela 2.3 e Tabela 2.4.

Tabela 2.1- Estudo de macrotextura do pavimento por SPECHT *et al.*

Autor	SPECHT, L. P.; ROZEK, T.; HIRSCH, F.; SANTOS, R. T.
Ano	2007
Título	Avaliação da macrotextura de pavimentos através do ensaio de mancha de areia.
Local da Análise	Ijuí/RS.
Objetivo	Avaliar a condição da macrotextura de 8 diferentes revestimentos utilizados no Estado do Rio Grande do Sul.
Método de Avaliação	Avaliação da macrotextura por meio do ensaio de mancha de areia.
Resultado	Todas as vias apresentaram condições mínimas de segurança.

Tabela 2.2- Estudo de macrotextura e microtextura do pavimento por FERREIRA, 2016

Autor	FERREIRA, J. C.
Ano	2016
Título	ESTUDO E AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA MACROTEXTURA E MICROTEXTURA NA ADERÊNCIA PNEU-PAVIMENTO.
Local da Análise	Florianópolis/SC.
Objetivo	Avaliar os fatores que influenciam a aderência pneu-pavimento em misturas asfálticas compactadas em laboratório e em campo, bem como a análise do efeito da atuação do tráfego na influência desse fator durante o período de avaliação.
Método de Avaliação	Análise do IFI com base nos ensaios de Mancha de Areia, Pêndulo Britânico, <i>Grip Tester</i> .
Resultado	<ul style="list-style-type: none"> • Observou-se que a granulometria dos agregados influenciou principalmente a macrotextura; • Observou-se que mudanças na origem do agregado para um mesmo tipo de pavimento influenciava principalmente a microtextura. • Utilização do ensaio <i>Grip Tester</i> apresentou maior produtividade em relação ao ensaio de pêndulo britânico.

Tabela 2.3- Estudo de macrotextura do pavimento por PEDER, 2017

Autor	PEDER, M. A.
Ano	2017
Título	AVALIAÇÃO DA MACROTEXTURA DO PAVIMENTO ASFÁLTICO DE UM TRECHO DE RODOVIA LOCALIZADA NO NOROESTE DO ESTADO DO PARANÁ.
Local da Análise	Campo Mourão/PR.
Objetivo	Avaliar a macrotextura do pavimento flexível por meio do ensaio mancha de areia, em função da segurança de um segmento de rodovia.
Método de Avaliação	Avaliação da macrotextura por meio de ensaios de mancha de areia.
Resultado	Constatou-se que os trechos analisados não atendiam ao critério de segurança proposto por DNIT (2006) e DNIT (2009). Foi sugerida a aplicação de fresagem fina com o intuito de melhorar os valores de macrotextura..

Tabela 2.4- Estudo de macrotextura e microtextura do pavimento por MATTOS, 2009

Autor	MATTOS, J. R. G.
Ano	2009
Título	Avaliação da aderência pneu-pavimento e tendência de desempenho para a BR-290/RS.
Local da Análise	Porto Alegre/RS.
Objetivo	Verificar a variação das condições de atrito e textura de diversos revestimentos da rodovia BR-290/RS.
Método	Avaliação por meio do IFI e ensaios de Mancha de Areia e Pêndulo Britânico.
Resultado	<ul style="list-style-type: none"> A aderência pneu-pavimento na rodovia analisada mostrou-se satisfatória.

Com base nos estudos anteriores, é perceptível a busca pela utilização de equipamentos e métodos, como o ensaio de mancha de areia e pêndulo britânico, já presentes em manuais nacionais, como DNIT (2006) e DNIT (2009). Além disso, estes equipamentos são mais simples e facilmente encontrados no mercado nacional.

No entanto, como foi observado nos estudos de FERREIRA (2016), a utilização de equipamentos mais avançados pode melhorar a qualidade dos dados e a produtividade na etapa de coleta de dados em campo. Um exemplo é a utilização do *Grip Tester* que é capaz de coletar dados contínuos e com maior velocidade.

Na etapa de avaliação de resultados nem todos puderam realizar uma análise com o índice IFI, já que para a obtenção destes valores é necessária a obtenção de valores de macrotextura e microtextura no pavimento, o que não ocorreu nos estudos de SPECHT (2007) e PEDER (2017). No entanto, mesmo com a avaliação do índice IFI, que relaciona valores de macrotextura e microtextura do pavimento, MATTOS (2009) sugere que sejam realizadas também avaliações individuais de parâmetros de textura, já que falhas em algum dos parâmetros pode ser encoberta pelo elevado valor do outro.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de atingir as metas inicialmente propostas para a elaboração do trabalho, procedeu-se a coleta e análise de dados de diferentes trechos de vias para avaliar possíveis linhas de tendência que facilitem a obtenção de conclusões para o estudo.

Desta forma, para a coleta de dados foram realizados ensaios de microtextura, pelo Método do Pêndulo Britânico, e de macrotextura, pelo Método da Mancha de Areia em três vias compreendidas dentro do perímetro urbano do Distrito Federal. Para a escolha destas três vias, buscou-se uma variedade de velocidades e idades do pavimento.

Os ensaios empregados na execução deste trabalho levaram em consideração a disponibilidade dos equipamentos existentes no Laboratório de Pavimentos do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER-DF) e o número de ensaios realizados foi limitado pelo tempo disponível de apoio do órgão distrital.

3.1 MATERIAIS

Como mencionado anteriormente, os principais materiais utilizados para a análise de resultados são os equipamentos necessários para a execução de ensaios no pavimento, além de viaturas fornecidas pelo DER-DF para dar apoio e fechar as pistas estudadas durante os ensaios.

3.1.1 Obtenção dos dados

Dados obtidos por meio de ensaios de campo foram a principal fonte de dados utilizada para a etapa de análise dos resultados. Para isso, foram realizados ensaios de microtextura e macrotextura nas seguintes vias, do Distrito Federal:

- DF - 001 (EPCT – Estrada Parque Contorno);
- DF - 150;

- DF - 440.

A localização das vias e trechos avaliados podem ser observados na Figura 3.1.

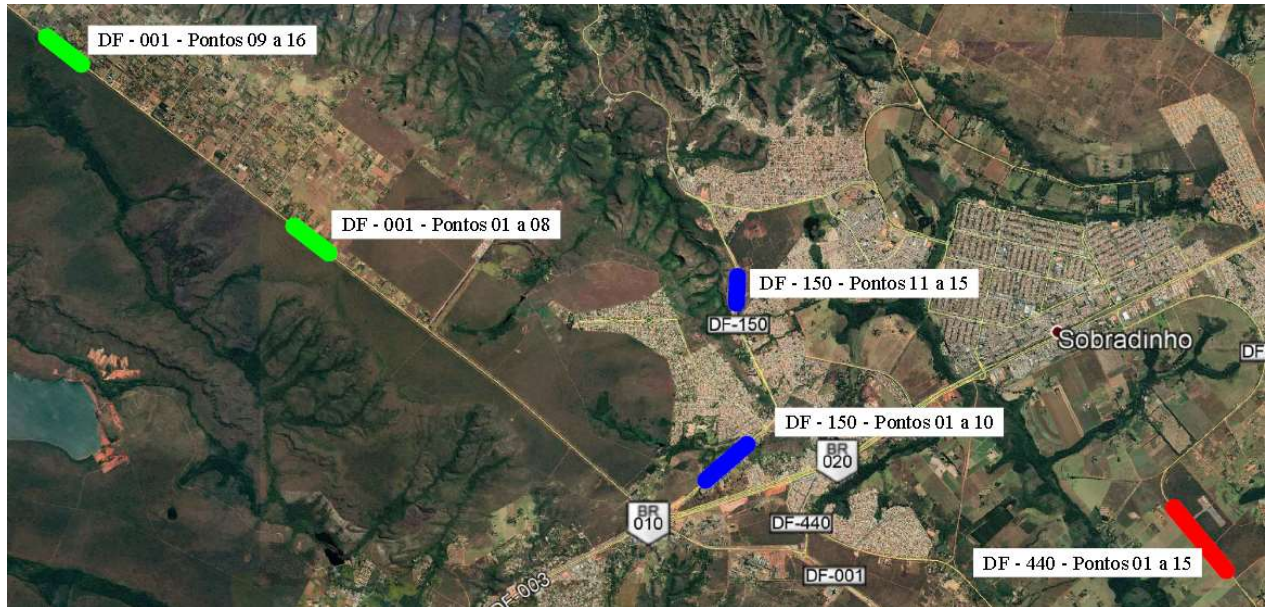


Figura 3.1- Localização dos trechos ensaiados

3.1.2 Equipamentos utilizados

Os equipamentos utilizados para os ensaios estão apresentados no item 2.2.1 Ensaio de Mancha de Areia e item 2.3.1 Ensaio de Pêndulo Britânico.

O pêndulo utilizado neste estudo foi o Modelo A113 da marca italiana MATEST S.p.A TREVILOLO[®], que pode ser observado na Figura 3.2.



Figura 3.2- Equipamento de Pêndulo Britânico utilizado

Fonte: Arquivo pessoal.

O conjunto de equipamentos para o ensaio de Mancha de Areia é da marca SOLOTEST[®], como pode ser observado na Figura 3.3.



Figura 3.3- Conjunto de equipamentos de mancha de areia utilizados

Fonte: Arquivo pessoal.

3.2 MÉTODOS

A seguir, são apresentadas as metodologias de execução das avaliações e das análises dos resultados obtidos, sempre visando seguir padrões e especificações já consagrados no meio acadêmico.

3.2.1 Determinação dos pontos de ensaio

Levando em consideração que o tempo disponível para realizar os ensaios era limitado, devido à disponibilidade de apoio de funcionários e equipamentos do DER-DF, decidiu-se realizar o máximo de pontos contínuos nas vias escolhidas para ensaio. Já que o manual do DNIT que trata sobre o ensaio de mancha de areia determina que os ensaios devem ter distância entre si máxima de 100 metros, este foi o fator limitante para a determinação dos pontos. Assim, o ponto inicial de cada via foi determinado pelos técnicos do DER-DF em função da possibilidade de paralização da via e os demais pontos de cada via foram locados a cada 100 metros com utilização do odômetro das viaturas de apoio.

Já que nem todos os ensaios foram realizados em um único dia, houve casos em que não foi possível continuar os ensaios exatamente do último ponto realizado na via, como foi o caso da DF-001 e DF-150. Vale ressaltar que todos os ensaios foram realizados no sentido crescente dos pontos marcados.

3.2.2 Método para execução e análise do ensaio de mancha de areia

Os procedimentos para execução do ensaio de mancha de areia podem ser observados no item 2.2.1 – Ensaio de Mancha de Areia deste trabalho. No entanto, antes da execução do ensaio em si, foi necessária a preparação das amostras de areia graduada, para que estivessem de acordo com o que a norma exigia (areia uniforme cujos grãos passam pela

peneira de abertura de 0,3 mm (#50) e ficam retidos na peneira com abertura de 0,15 mm (#100)).

Para isso, adquiriu-se areia lavada fina e redonda e por meio das peneiras de abertura de 0,3 mm (#50) e de abertura de 0,15 mm (#100), foi possível separar o material passante na peneira #50 e retida na peneira #100. A Figura 3.4 exemplifica os tipos de peneiras utilizadas:



Figura 3.4- Exemplo de peneira granulométrica utilizada

Após a execução do ensaio, é possível calcular o valor da profundidade de textura de cada ponto ensaiado e o valor de profundidade média de todo o trecho em questão. Em seguida, com base na Tabela 3.1, obtida de DNIT (2006), pode-se classificar a macrotextura do pavimento de acordo com sua profundidade da mancha de areia aferida.

Tabela 3.1- Avaliação de macrotextura do pavimento

AVALIAÇÃO DA MACROTEXTURA / MÉTODO DA ALTURA DA AREIA	
PRONFUNDIDADE MÉDIA - HS (mm)	TEXTURA SUPERFICIAL
HS < 0,2 mm	MUITO FINA OU MUITO FECHADA
0,2 mm < HS < 0,4 mm	FINA OU FECHADA

AVALIAÇÃO DA MACROTEXTURA / MÉTODO DA ALTURA DA AREIA	
PRONFUNDIDADE MÉDIA - HS (mm)	TEXTURA SUPERFICIAL
0,4 mm < HS < 0,8 mm	MÉDIA
0,8 mm < HS < 1,2 mm	GROSSEIRA OU ABERTA
HS > 1,2 mm	MUITO GROSSEIRA OU MUITO ABERTA

Fonte: DNIT (2006), Adaptado.

O manual do DNIT (2009) sugere que sejam considerados aceitáveis valores de profundidade de areia média entre 0,6 mm e 1,2 mm. Desta forma, este trabalho seguiu esta recomendação e propôs medidas corretivas para trechos em desacordo com este intervalo de referência.

3.2.3 Método para execução e análise do ensaio de pêndulo britânico

Assim como no ensaio de mancha de areia, os procedimentos para execução do ensaio de Pêndulo Britânico podem ser observados no item 2.3.1 – Ensaio de Pêndulo Britânico deste trabalho.

Após a execução do ensaio, é possível calcular o valor médio de resistência à derrapagem de cada ponto ensaiado e o valor médio de todo o trecho em questão. Em seguida, com base na Tabela 3.2, obtida de DNIT (2006), pode-se classificar a microtextura do pavimento de acordo com seu valor de resistência à derrapagem calculado.

Tabela 3.2- Avaliação de microtextura do pavimento

AVALIAÇÃO DA MICROTEXTURA / MÉTODO DO PÊNDULO BRITÂNICO	
VRD – VALOR DE RESISTÊNCIA À DERRAPAGEM	CLASSES
< 25	1 - PERIGOSA
25 - 31	2 - MUITO LISA
32 - 39	3 - LISA

AVALIAÇÃO DA MICROTTEXTURA / MÉTODO DO PÊNDELO BRITÂNICO	
VRD – VALOR DE RESISTÊNCIA À DERRAPAGEM	CLASSES
40 - 46	4 - INSUFICIENTEMENTE RUGOSA
47 - 54	5 - MEDIANAMENTE RUGOSA
55 - 75	6 - RUGOSA
> 75	7 - MUITO RUGOSA

Fonte: DNIT (2006), Adaptado.

A avaliação de aceitabilidade da microtextura dos trechos ensaiados foi realizada com base no mesmo manual do DNIT(2009), que sugere que sejam considerados aceitáveis valores de resistência à derrapagem maiores ou iguais que 47. Desta forma, este trabalho seguiu esta recomendação e propôs medidas corretivas para trechos que estiverem em desacordo com este intervalo de referência.

Assim a metodologia dos ensaios segue apresentada na figura

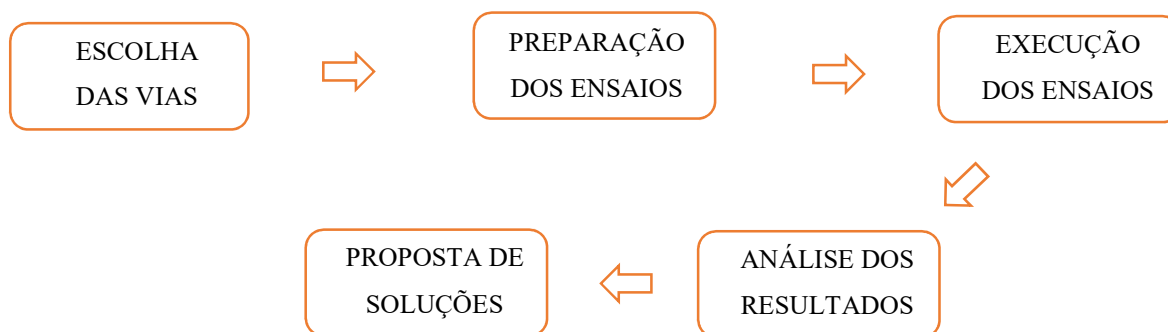


Figura 3.5- Metodologia para análise e coleta de dados

4 RESULTADOS

Com o objetivo de organizar melhor a exposição dos resultados obtidos, os resultados foram apresentados em separado, de acordo com a via estudada e com o tipo de análise (macrotextura ou microtextura).

4.1 RESULTADOS DA DF – 001

Neste item são apresentados os resultados de microtextura e macrotextura da DF- 001, localizada em Sobradinho, com sentido ascendente. Esta via possui velocidade de 60 km/h.

4.1.1 Macrotextura da DF – 001

Pode-se observar na Tabela 4.1 os valores de diâmetro, em mm, aferidos durante os ensaios de mancha de areia. Os valores de altura de mancha de areia (HS) foram calculados conforme mostrado na Equação 01.

Tabela 4.1- Leituras de macrotextura da DF 001

PONTO	MACROTEXTURA					
	LEITURA (mm)					HS (mm)
	1ª	2ª	3ª	4ª	MÉDIA (mm)	
1	243	227	237	224	232,8	0,588
2	257	250	242	262	252,8	0,498
3	270	267	259	253	262,3	0,463
4	264	246	255	267	258,0	0,478
5	278	270	257	274	269,8	0,437
6	298	300	264	281	285,8	0,390
7	257	238	250	249	248,5	0,515
8	229	249	246	244	242,0	0,544
9	240	232	243	218	233,3	0,585
10	234	227	229	235	231,3	0,595
11	384	389	399	397	392,3	0,207
12	314	293	284	280	292,8	0,371

PONTO	MACROTEXTURA					
	LEITURA (mm)					HS (mm)
	1ª	2ª	3ª	4ª	MÉDIA (mm)	
13	280	264	265	272	270,3	0,436
14	253	264	257	286	265,0	0,453
15	238	216	224	195	218,3	0,668
16	248	236	233	231	237,0	0,567

Em seguida, com os valores de HS já determinados, pode-se classificar os trechos quanto à sua textura superficial e quanto à sua aceitação pelos critérios do DNIT citados anteriormente. A Tabela 4.2 expõe as classificações realizadas.

Tabela 4.2- Classificação da macrotextura da DF - 001

PONTO	MACROTEXTURA		
	HS (mm)	CLASSIFICAÇÃO	
		TEXTURA SUPERFICIAL	SITUAÇÃO
1	0,588	MÉDIA	REPROVADO
2	0,498	MÉDIA	REPROVADO
3	0,463	MÉDIA	REPROVADO
4	0,478	MÉDIA	REPROVADO
5	0,437	MÉDIA	REPROVADO
6	0,390	FECHADA	REPROVADO
7	0,515	MÉDIA	REPROVADO
8	0,544	MÉDIA	REPROVADO
9	0,585	MÉDIA	REPROVADO
10	0,595	MÉDIA	REPROVADO
11	0,207	FECHADA	REPROVADO
12	0,371	FECHADA	REPROVADO
13	0,436	MÉDIA	REPROVADO
14	0,453	MÉDIA	REPROVADO
15	0,668	MÉDIA	APROVADO
16	0,567	MÉDIA	REPROVADO

4.1.2 Microtextura da DF – 001

Assim como na macrotextura, pode-se observar na Tabela 4.3 os valores de leitura aferidos pelo pêndulo britânico. As leituras apresentadas a seguir são somente as válidas, ou seja, já desconta a primeira leitura efetuada, conforme orientação da norma.

Tabela 4.3- Leituras de microtextura da DF 001

PONTO	MICROTEXTURA				
	LEITURA (mm)				
	1ª	2ª	3ª	4ª	MÉDIA (mm)
1	55	55	53	53	54,0
2	55	55	55	56	55,3
3	59	57	57	57	57,5
4	55	55	55	56	55,3
5	57	56	57	57	56,8
6	56	56	56	56	56,0
7	51	51	52	52	51,5
8	50	50	50	51	50,3
9	47	46	50	51	48,5
10	52	50	50	51	50,8
11	48	49	49	50	49,0
12	42	47	47	50	46,5
13	35	40	43	43	40,3
14	35	36	36	37	36,0
15	42	43	43	45	43,3
16	46	46	47	48	46,8

Por meio das médias de Valores de Resistência à Derrapagem (VRD) dos trechos, é possível classificar as vias quanto à sua classe e quanto à sua aceitação, conforme disposto na Tabela 4.4.

Tabela 4.4- Classificação da microtextura da DF - 001

PONTO	MICROTEXTURA		
	VRD	CLASSIFICAÇÃO	
		CLASSE	SITUAÇÃO
1	54,0	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
2	55,3	RUGOSA	APROVADO
3	57,5	RUGOSA	APROVADO
4	55,3	RUGOSA	APROVADO
5	56,8	RUGOSA	APROVADO
6	56,0	RUGOSA	APROVADO
7	51,5	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
8	50,3	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
9	48,5	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
10	50,8	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
11	49,0	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO

PONTO	MICROTEXTURA		
	VRD	CLASSIFICAÇÃO	
		CLASSE	SITUAÇÃO
12	46,5	INSUFICIENTEMENTE RUGOSA	REPROVADO
13	40,3	INSUFICIENTEMENTE RUGOSA	REPROVADO
14	36,0	LISA	REPROVADO
15	43,3	INSUFICIENTEMENTE RUGOSA	REPROVADO
16	46,8	INSUFICIENTEMENTE RUGOSA	REPROVADO

4.1.3 Intervenção na DF – 001

Os resultados obtidos nos trechos da DF-001 indicam o emprego de intervenções na via para melhora da sua condição de segurança e textura. Para uma melhor visualização dos dados, foi elaborado um gráfico com os valores aferidos de macrotextura no eixo das abscissas e com os valores aferidos de microtextura no eixo das ordenadas. Esta configuração permite uma rápida visualização da situação do pavimento, como pode ser observado na Figura 4.1.

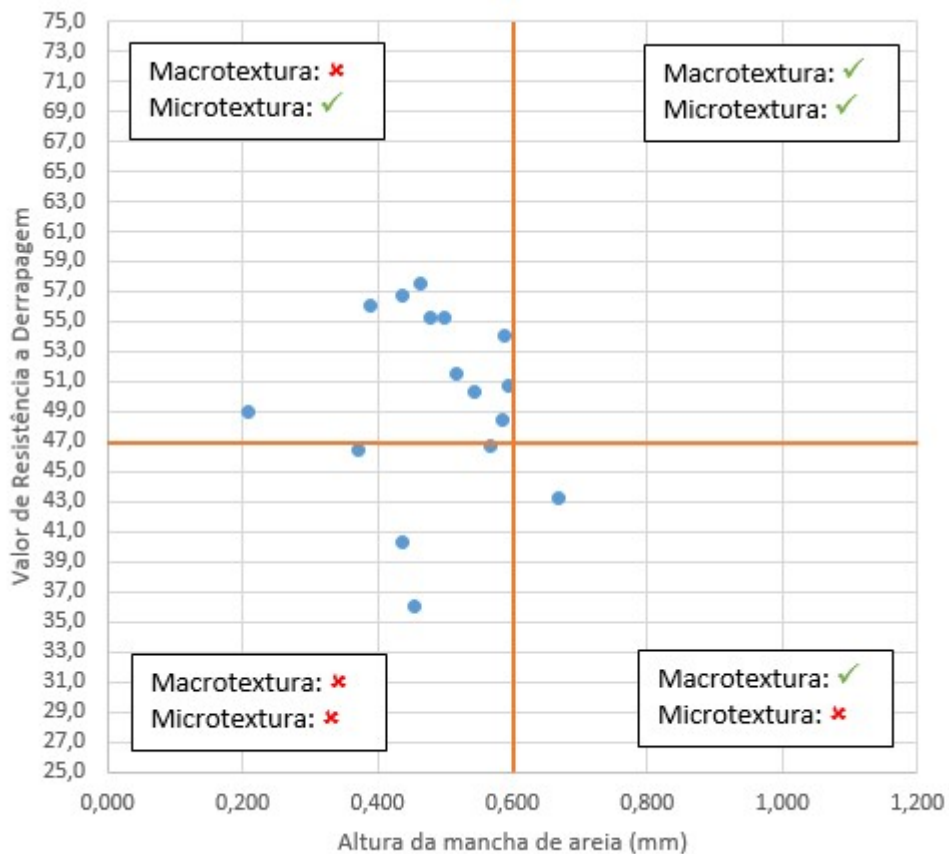


Figura 4.1- Gráfico de macrotextura x microtextura no pavimento na DF 001

Observa-se no gráfico que, em quase sua totalidade, a via apresenta condições insatisfatórias de macrotextura, enquanto apresenta microtextura satisfatória em determinados trechos e insatisfatória em outros. Além disso, pôde-se notar, durante a execução de alguns ensaios, a presença de excesso de ligante na camada superficial, caracterizando assim o defeito de exsudação. A presença deste defeito pode ter sido uma das variáveis responsáveis pelos baixos valores de macrotextura do pavimento.

É possível observar que o trecho que apresenta microtextura satisfatória encontra-se do ponto 01 ao ponto 11 da via e, neste mesmo trecho, deve-se realizar intervenções destinadas a melhorar a macrotextura. Desta forma, indica-se a utilização da microfresagem como solução, já que é uma medida que visa melhorar apenas a macrotextura do pavimento, de forma a aumentar os vazios entre o conjunto agregado agregados-mástique, enquanto não altera as características mineralógicas dos agregados, que afetam a microtextura do pavimento.

Os pontos de 12 a 16 já apresentam características não aceitáveis tanto na macrotextura como na microtextura, portanto, deve-se adotar uma medida capaz de melhorar ambos aspectos. Para isso, a opção de manutenção da via escolhida foi a utilização de lama asfáltica. Deve-se adotar materiais que apresentem uma boa resistência à abrasão, para se evitar a ocorrência de defeitos como agregado polido, que atuam negativamente na textura do pavimento, e com granulometria aberta, capaz de propiciar uma boa macrotextura na camada de rolamento.

4.2 RESULTADOS DA DF – 150

Em semelhança ao procedimento de análise dos resultados para os trechos da DF-001, são apresentados a seguir os resultados de microtextura e macrotextura da DF- 150, cujo trecho ensaiado também é localizado em Sobradinho I com sentido ascendente. Esta via possui velocidade de 80 km/h.

4.2.1 Macrotextura da DF – 150

Pode-se observar na Tabela 4.5 os valores de diâmetro, em mm, aferidos durante os ensaios de mancha de areia. Os valores de altura de mancha de areia (HS) foram calculados conforme mostrado na Equação 01.

Tabela 4.5- Leituras de macrotextura da DF 150

PONTO	MACROTEXTURA					
	LEITURA (mm)					HS (mm)
	1ª	2ª	3ª	4ª	MÉDIA (mm)	
1	337	355	358	314	341,0	0,274
2	343	320	328	345	334,0	0,285
3	334	300	300	313	311,8	0,328
4	384	353	356	373	366,5	0,237
5	357	360	338	344	349,8	0,260
6	328	343	360	324	338,8	0,277
7	372	351	343	346	353,0	0,255
8	304	283	306	307	300,0	0,354
9	348	336	337	349	342,5	0,271

PONTO	MACROTEXTURA					
	LEITURA (mm)					HS (mm)
	1ª	2ª	3ª	4ª	MÉDIA (mm)	
10	340	318	318	333	327,3	0,297
11	363	354	340	354	352,8	0,256
12	388	364	365	392	377,3	0,224
13	423	377	412	393	401,3	0,198
14	385	380	362	400	381,8	0,218
15	330	356	340	326	338,0	0,279

Em seguida, com os valores de HS já determinados, pode-se classificar os trechos quanto à sua textura superficial e quanto à sua aceitação pelos critérios do DNIT citados anteriormente. A Tabela 4.6 expõe estas classificações realizadas.

Tabela 4.6- Classificação da macrotextura da DF - 150

PONTO	MACROTEXTURA		
	HS (mm)	CLASSIFICAÇÃO	
		TEXTURA SUPERFICIAL	SITUAÇÃO
1	0,274	FECHADA	REPROVADO
2	0,285	FECHADA	REPROVADO
3	0,328	FECHADA	REPROVADO
4	0,237	FECHADA	REPROVADO
5	0,260	FECHADA	REPROVADO
6	0,277	FECHADA	REPROVADO
7	0,255	FECHADA	REPROVADO
8	0,354	FECHADA	REPROVADO
9	0,271	FECHADA	REPROVADO
10	0,297	FECHADA	REPROVADO
11	0,256	FECHADA	REPROVADO
12	0,224	FECHADA	REPROVADO
13	0,198	MUITO FECHADA	REPROVADO
14	0,218	FECHADA	REPROVADO
15	0,279	FECHADA	REPROVADO

4.2.2 Microtextura da DF – 150

Assim como na macrotextura, pode-se observar na Tabela 4.7 os valores de leitura aferidos no pêndulo britânico. As leituras apresentadas a seguir são somente as válidas,

ou seja, já desconta a primeira leitura efetuada, conforme orientação da norma ASTM E 303.

Tabela 4.7- Leituras de microtextura da DF 150

PONTO	MICROTEXTURA				
	LEITURA (mm)				
	1ª	2ª	3ª	4ª	MÉDIA (mm)
1	42	41	41	42	41,5
2	44	43	44	43	43,5
3	41	42	42	43	42,0
4	47	46	48	47	47,0
5	42	43	44	44	43,3
6	43	42	41	39	41,3
7	42	42	43	42	42,3
8	39	39	38	40	39,0
9	47	47	48	48	47,5
10	52	51	52	52	51,8
11	50	50	46	47	48,3
12	46	45	44	46	45,3
13	45	43	45	46	44,8
14	45	43	43	44	43,8
15	51	51	51	51	51,0

Por meio das médias de Valores de Resistência à Derrapagem (VRD) dos trechos, podemos classificar as vias quanto à sua classe e quanto à sua aceitação. Como observado na Tabela 4.8.

Tabela 4.8- Classificação da microtextura da DF - 150

PONTO	MICROTEXTURA		
	VRD	CLASSIFICAÇÃO	
		CLASSE	SITUAÇÃO
1	41,5	INSUFICIENTEMENTE RUGOSA	REPROVADO
2	43,5	INSUFICIENTEMENTE RUGOSA	REPROVADO
3	42,0	INSUFICIENTEMENTE RUGOSA	REPROVADO
4	47,0	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
5	43,3	INSUFICIENTEMENTE RUGOSA	REPROVADO
6	41,3	INSUFICIENTEMENTE RUGOSA	REPROVADO
7	42,3	INSUFICIENTEMENTE RUGOSA	REPROVADO
8	39,0	LISA	REPROVADO
9	47,5	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO

PONTO	MICROTEXTURA		
	VRD	CLASSIFICAÇÃO	
		CLASSE	SITUAÇÃO
10	51,8	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
11	48,3	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
12	45,3	INSUFICIENTEMENTE RUGOSA	REPROVADO
13	44,8	INSUFICIENTEMENTE RUGOSA	REPROVADO
14	43,8	INSUFICIENTEMENTE RUGOSA	REPROVADO
15	51,0	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO

4.2.3 Intervenção na DF – 150

Assim como foi realizado da DF 001, com base, nos trechos estudados na DF-150 podemos sugerir intervenções na via para melhorar sua condição de segurança e textura. Para uma melhor visualização dos dados, os dados de cada trecho foram postos num gráfico com os valores aferidos de macrotextura no eixo das abscissas e com os valores aferidos de microtextura no eixo das ordenadas. Esta configuração permite uma rápida visualização da situação do pavimento, como pode ser observado na Figura 4.2.

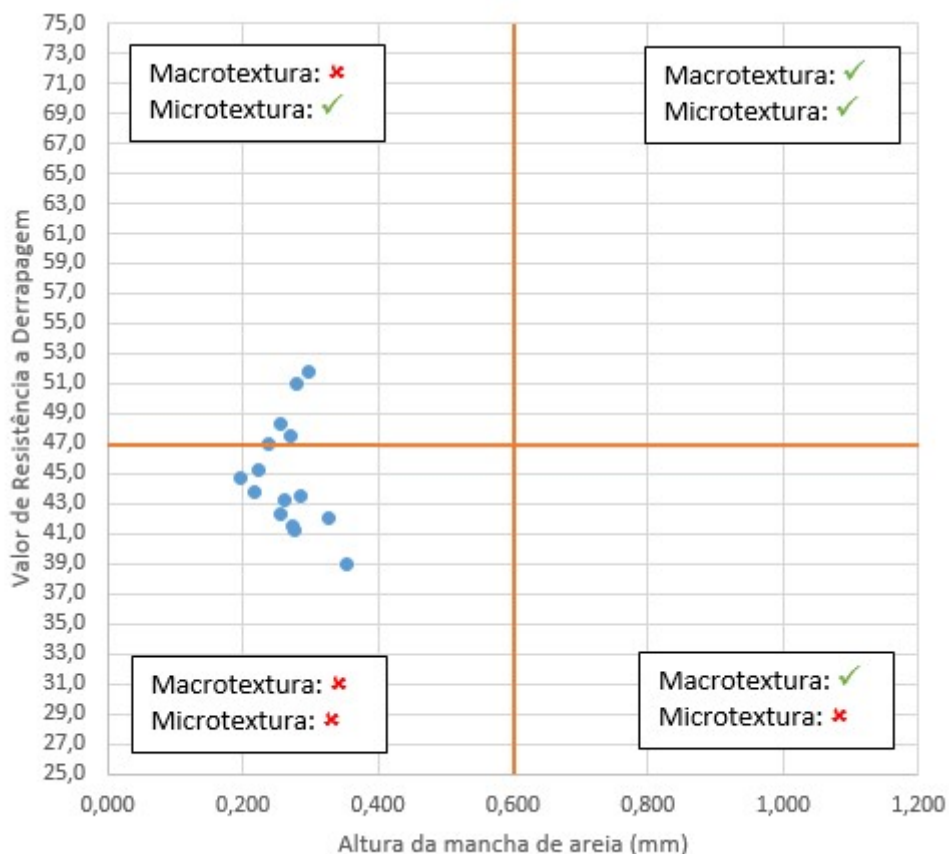


Figura 4.2- Gráfico de macrotextura x microtextura no pavimento na DF 150

Por meio da análise no gráfico, pode-se perceber que todas os trechos ensaiados apresentam macrotextura com valores abaixo do admissível e apresentam poucos trechos com valores de microtextura acima do admissível. Quando se analisa onde estão localizados estes pontos, com o auxílio da Tabela 4.8, percebe-se que estão intercalados entre trechos de baixa microtexturosa. Além disso, três dos cinco pontos com análise de microtextura favoráveis já apresentam valores muito próximos ao limite aceitável.

Com isso, diante dos fatos expostos anteriormente, decidiu-se adotar a utilização de lama asfáltica, que, como mencionado anteriormente, é capaz de propiciar incrementos nos valores de macrotextura e microtextura no revestimento. Os materiais adotados devem seguir as mesmas recomendações mencionadas no item 4.1.3 – Intervenção da DF-001.

Foi possível observar a presença de defeito do tipo agregado polido na DF-150 e, como esperado, os valores de textura do revestimento apresentaram valores insatisfatórios.

Portanto, este fato realça a importância da escolha do tipo de agregado em pavimentos asfálticos.

4.3 RESULTADOS DA DF – 440

Por fim, serão apresentados a seguir os resultados de microtextura e macrotextura da DF-440, cujo trecho ensaiado é localizado em Sobradinho, conforme pode ser observado na figura 3.1. Esta via possui velocidade de 80 km/h.

4.3.1 Macrotextura da DF – 440

Pode-se observar na Tabela 4.9 os valores de diâmetro, em mm, aferidos durante os ensaios de mancha de areia. Os valores de altura de mancha de areia (HS) foram calculados conforme mostrado na Equação 01.

Tabela 4.9- Leituras de macrotextura da DF 440

PONTO	MACROTEXTURA					
	LEITURA (mm)					HS (mm)
	1ª	2ª	3ª	4ª	MÉDIA (mm)	
1	247	242	195	212	224,0	0,634
2	239	224	225	236	231,0	0,597
3	224	210	221	212	216,8	0,678
4	211	167	181	182	185,3	0,928
5	220	219	204	205	212,0	0,708
6	177	210	186	193	191,5	0,868
7	219	207	203	183	203,0	0,772
8	197	188	182	193	190,0	0,882
9	202	187	207	198	198,5	0,808
10	183	174	194	193	186,0	0,920
11	232	217	243	218	227,5	0,615
12	234	235	204	254	231,8	0,593
13	176	206	183	199	191,0	0,873
14	224	228	214	221	221,8	0,647
15	180	170	166	170	171,5	1,082

Em seguida, com os valores de HS já determinados, pode-se classificar os trechos quanto à sua textura superficial e quanto à sua aceitação pelos critérios do DNIT citados anteriormente. A Tabela 4.10 expõe estas classificações realizadas.

Tabela 4.10- Classificação da macrotextura da DF - 440

PONTO	MACROTEXTURA		
	HS (mm)	CLASSIFICAÇÃO	
		TEXTURA SUPERFICIAL	SITUAÇÃO
1	0,634	MÉDIA	APROVADO
2	0,597	MÉDIA	REPROVADO
3	0,678	MÉDIA	APROVADO
4	0,928	ABERTA	APROVADO
5	0,708	MÉDIA	APROVADO
6	0,868	ABERTA	APROVADO
7	0,772	MÉDIA	APROVADO
8	0,882	ABERTA	APROVADO
9	0,808	ABERTA	APROVADO
10	0,920	ABERTA	APROVADO
11	0,615	MÉDIA	APROVADO
12	0,593	MÉDIA	REPROVADO
13	0,873	ABERTA	APROVADO
14	0,647	MÉDIA	APROVADO
15	1,082	ABERTA	APROVADO

4.3.2 Microtextura da DF – 440

Assim como na macrotextura, pode-se observar na Tabela 4.11 os valores de leitura aferidos no pêndulo britânico. As leituras apresentadas a seguir são somente as válidas, ou seja, já desconta a primeira leitura efetuada, conforme orientação da norma ASTM E 303.

Tabela 4.11- Leituras de microtextura da DF 440

PONTO	MICROTEXTURA				
	LEITURA (mm)				
	1ª	2ª	3ª	4ª	MÉDIA (mm)
1	52	55	55	56	54,5
2	58	60	56	61	58,8
3	54	56	57	61	57,0

PONTO	MICROTEXTURA				
	LEITURA (mm)				
	1ª	2ª	3ª	4ª	MÉDIA (mm)
4	54	55	54	55	54,5
5	53	55	52	56	54,0
6	50	53	49	50	50,5
7	46	48	46	50	47,5
8	46	45	49	50	47,5
9	48	50	53	53	51,0
10	52	55	57	58	55,5
11	50	52	53	53	52,0
12	53	56	56	56	55,3
13	52	53	55	56	54,0
14	50	50	51	52	50,8
15	51	52	53	53	52,3

Por meio das médias de Valores de Resistência à Derrapagem (VRD) dos trechos, podemos classificar as vias quanto à sua classe e quanto à sua aceitação. Como observado na Tabela 4.12.

Tabela 4.12- Classificação da microtextura da DF - 440

PONTO	MICROTEXTURA		
	VRD	CLASSIFICAÇÃO	
		CLASSE	SITUAÇÃO
1	54,5	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
2	58,8	RUGOSA	APROVADO
3	57,0	RUGOSA	APROVADO
4	54,5	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
5	54,0	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
6	50,5	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
7	47,5	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
8	47,5	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
9	51,0	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
10	55,5	RUGOSA	APROVADO
11	52,0	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
12	55,3	RUGOSA	APROVADO
13	54,0	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
14	50,8	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO
15	52,3	MEDIANAMENTE RUGOSA	APROVADO

4.3.3 Intervenção na DF – 440

Com base nos trechos estudados na DF-440 vistos anteriormente, podemos sugerir intervenções na via para melhorar sua condição de segurança e textura. Para uma melhor visualização dos dados, foi elaborado um gráfico com os valores aferidos de macrotextura no eixo das abscissas e com os valores aferidos de microtextura no eixo das ordenadas. Esta configuração permite uma rápida visualização da situação do pavimento, como pode ser observado na Figura 4.3.

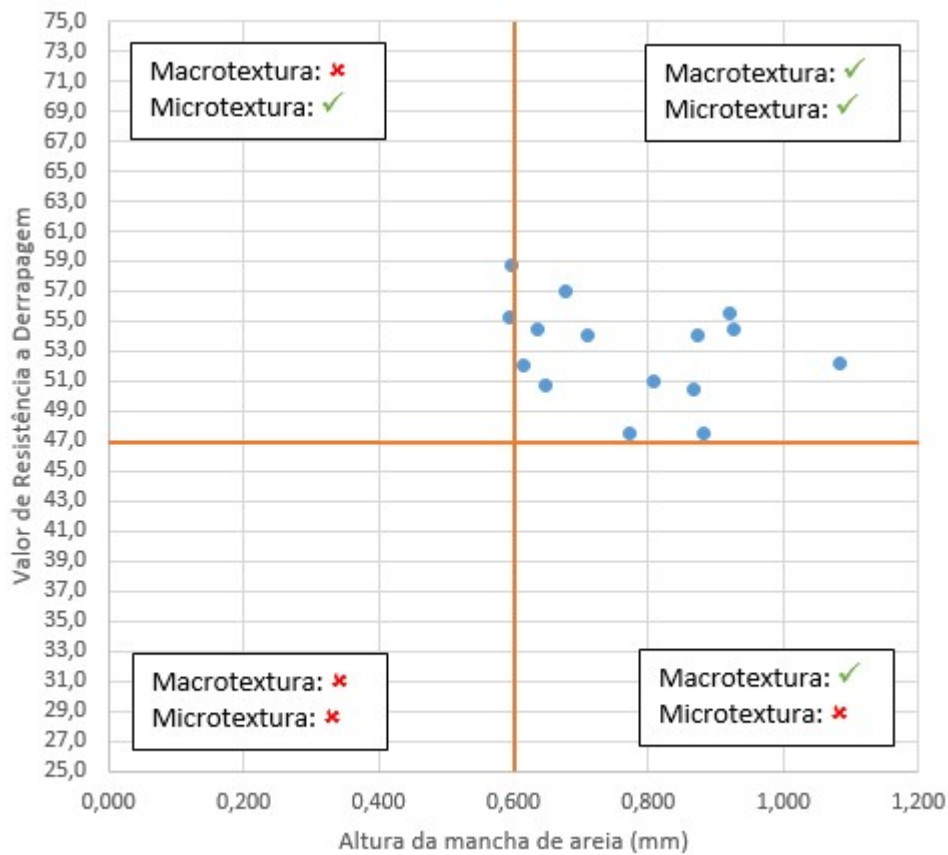


Figura 4.3- Gráfico de macrotextura x microtextura no pavimento na DF 440

Por meio da análise no gráfico, pode-se perceber que todas os trechos ensaiados apresentam microtextura com valores admissíveis e apresentam poucos trechos com valores de macrotextura abaixo do admissível. Quando se analisa onde estão localizados estes pontos, com o auxílio da Tabela 4.10, percebe-se que estão intercalados entre trechos considerados aceitáveis. Além disso, apresentam valores muito próximos ao limite aceitável, podendo ser considerados apenas imprecisões nos ensaios. Desta forma,

nesta via não foi sugerido nenhuma intervenção para melhorar as questões de textura do pavimento.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram realizados ensaios de campo para a determinação de valores de macrotextura e microtextura do pavimento asfáltico de trechos da DF-001, DF-150, e DF-440. Com base nestes valores obtidos e em recomendações de DNIT (2006) e DNIT (2009), classificou-se os trechos em satisfatórios ou insatisfatórios em relação a parametros de textura. Para os trechos considerados insatisfatórios foram propostas intervenções no pavimento para melhoria das condições de textura.

Analisando os resultados obtidos nos ensaios, foi possível perceber que nem sempre os valores de macrotextura e microtextura de uma via apresentam características que variam da mesma forma, ou seja, pode-se observar pavimentos com resultados satisfatórios de microtextura e resultados insatisfatórios de macrotextura, e vice-versa. Com isso, se faz necessária a análise de cada caso individualmente, pois cada solução adotada pode afetar aspectos distintos da textura do revestimento asfáltico e gerar impactos no orçamento.

Além disso, foi observado que a presença de defeitos no pavimento podem afetar negativamente as características de textura do pavimento e, conseqüentemente, atuar de forma contrária à segurança dos usuários da via. Isto pôde ser observado na DF-001, com a presença do defeito de exsudação, e na DF-150, com a presença de defeito de agregado polido. Vale ressaltar que ambas as vias que apresentaram estes defeitos no pavimento apresentaram valores insatisfatórios de textura e a necessidade de intervenção. Desta forma, a detecção visual destes defeitos é um indicativo da necessidade de verificação das condições de textura do pavimento por meio de ensaios mais precisos, como os empregados nesse estudo.

Em anexo são apresentadas as plantas, em escala, com a localização dos pontos e suas respectivas classificações quanto à macrotextura e à microtextura.

6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante a execução deste trabalho, foram levantadas algumas possibilidades de pesquisa que não foram possíveis de serem realizadas devido ao tempo disponível ou devido aos meios disponíveis. Portanto, estas possibilidades serão expostas para que possam ser concretizadas nas mesmas vias escolhidas para este trabalho ou em outras vias julgadas mais pertinentes.

A primeira possibilidade de pesquisa diz respeito aos valores auferidos durante os ensaios de microtextura do pavimento, no ensaio de Pêndulo Britânico. Observou-se uma tendência das últimas leituras auferidas apresentarem valores maiores em relação às primeiras leituras. Desta forma, a sugestão de pesquisa seria observar se esta tendência se confirma outras vias e quais seriam as motivações deste fenômeno.

Outra possibilidade de pesquisa seria uma análise mais detalhada da influência de outras variáveis nos valores obtidos no ensaio, como o desgaste com o tempo, o desgaste comparativo em pavimentos compostos por diferentes tipos de faixas granulométricas e o desgaste em regiões com diferentes condições climáticas. Desta forma, seria mais fácil prever manutenções preventivas levando em considerações as variáveis presentes na via projetada.

Por último, poderia ser realizada uma análise quanto à viabilidade técnica e benefícios de cada tipo de manutenção realizada na via. Para isso, seriam realizados ensaios antes de intervenções nas vias e depois destas intervenções, de forma a mensurar a melhoria causada por cada tipo de manutenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APS, Márcia (2006). **Classificação da aderência pneu-pavimento pelo índice combinado IFI – International Friction Index para revestimentos asfálticos**. Tese de Doutorado, USP, São Paulo, 2006. 179p.

ARTERIS (2016). **Medição da profundidade da macrotextura de pavimentos utilizando técnica volumétrica, Designação Arteris E 965 – 16**. CDT – CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO, 2016, 06p.

ASTM (1997). *Terminology relating to vehicle-pavement system*. West Conshohocken, USA, 1997. 8p.

ASTM (2003). *Standard test method for measuring surface frictional properties using the british pendulum tester*. Annual book of ASTM Standarts – ASTM E 303-3, Road and Paving Materials; Vehicle Pavement Systems, Volume 04.03, USA, 2003, 5p.

DEUCHER, F. M. (2016). **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL E FUNCIONAL E ESTIMATIVA DE VIDA ÚTIL DE SEGMENTO DA SC-390 COM CAMADA DE BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO – PRIMEIRO ANO DE ABERTURA AO TRÁFEGO**. Florianópolis, SC. 2016. 166p.

DNIT (2006). **Manual de restauração de pavimentos asfálticos – 2ª ed.** – (IPR Publ., 720). Rio de Janeiro, 2010. 310p.

DNIT (2009). **Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico com asfaltoborracha, via úmida, do tipo “Terminal Blending” - Especificação de serviço – DNIT 112/2009 – ES**. Rio de Janeiro, 2009. 13p.

DNIT (2010). **Manual de projeto e práticas operacionais para segurança nas rodovias**. (IPR Publ., 741). Rio de Janeiro, 2010. 280p.

FERRAZ, C.; RAIA JR., A.; BEZERRA, B.; BASTOS, T.; RODRIGUES, K. (2012), **Segurança viária**. São Carlos, SP: Suprema Gráfica e Editora, 2012. 322p.

GOLD, P. A. (1998). **Segurança de trânsito - Aplicações de engenharia para reduzir acidentes**. 1a ed.. Washington, D.C., Banco Interamericano de Desenvolvimento, 1998. 211p.

HALLIDAY, RESNICK, WALKER (2016). **Fundamentos da física, Vol. I – Mecânica**, 10. Edição Editora Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro, 2016.

INFRAERO (2007). **Procedimentos operacionais e executivos para edição de atrito, de macrot textura e remoção de borracha nas pistas de pouso e decolagem dos aeroportos – MP - 22.04 (MNT)**, INFRAERO – Diretoria De Engenharia Superintendência De Engenharia De Manutenção (Dema). 24p.

IPEA (1969). **O fundo rodoviário nacional**. Rio de Janeiro, RJ, 2015. 18 p.

IPEA (2015). **Estimativa dos custos dos acidentes de trânsito no brasil com base na atualização simplificada das pesquisas anteriores do ipea – Relatório de Pesquisa**. Brasília, 2015. 13 p.

LEE, S.H. (2005). **Introdução ao projeto geométrico de rodovias – 2ª Edição Revisada e Ampliada**, Editora da UFSC. Florianópolis, Santa Catarina, 2005. 430 p.

MATTOS, João Rodrigo Guerreiro. **Avaliação da aderência pneupavimento e tendências de desempenho para a rodovia BR-290/RS**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009. 139p

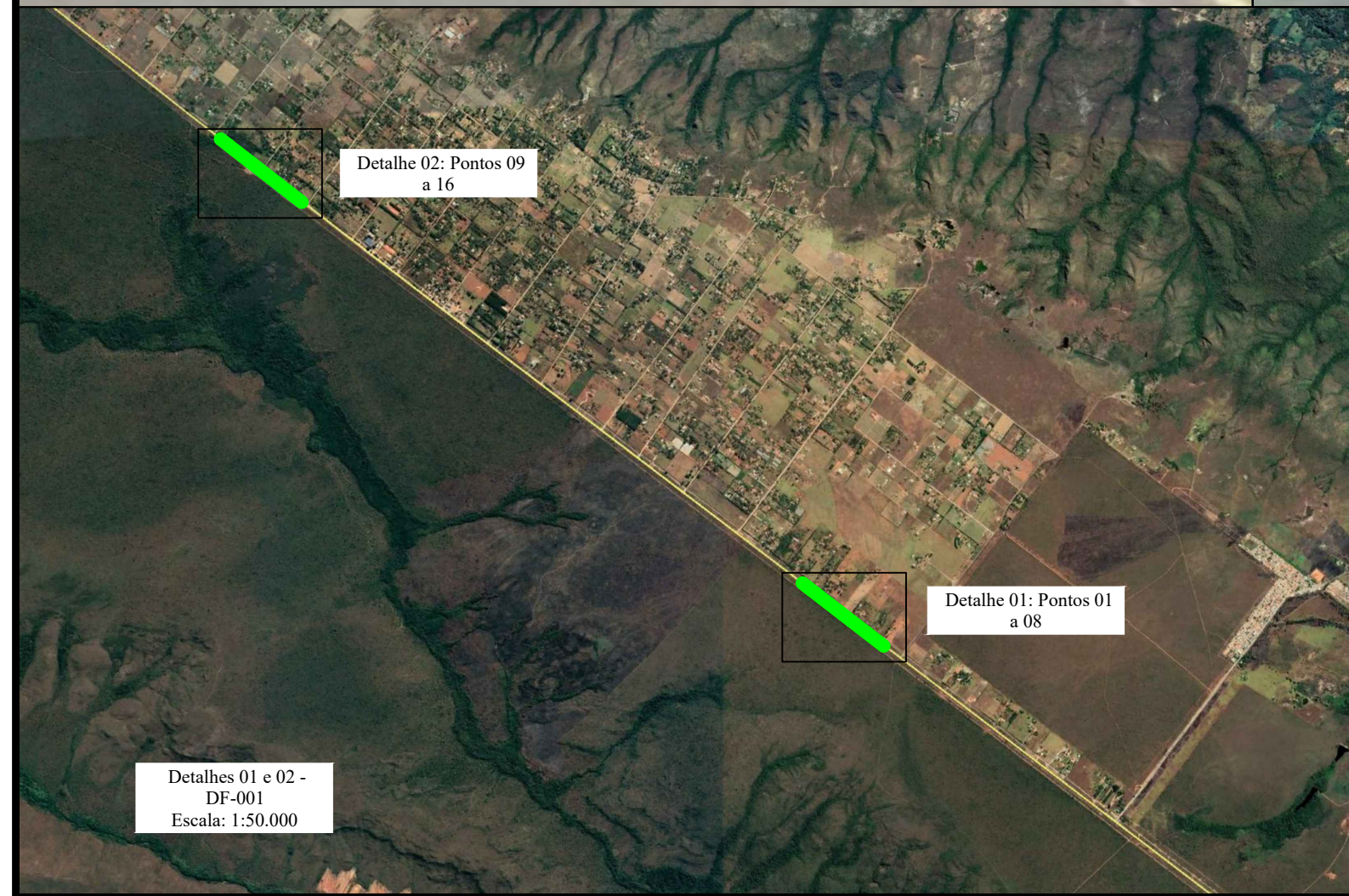
MERIGHI, J. V.; PERES, R.; SILVA, G.T. (2006). **Influência da natureza da superfície de contato na geração de aderência nos pavimentos aeroportuários**. V Jornadas Luso-Brasileiras de Pavimentos: Políticas e Tecnologias. Recife-PE, 2006, V-039.

TSUBOTA, T.; FERNANDO, C.; YOSHII, T.; SHIRAYANAGI, H. (2018). **Effect of road pavement types and ages on traffic accident risks**, Japão, 2018. pp 211-218.





SAITO, Kazuo, KAMEYAMA, Shuichi, TAMAI, Akinori, NISIIYAMA, SHU. *Development of testes for measuring skid resistance and texture of paved surfaces, and their applications for determinations of the international friction index (IFI)*. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportations Studies*, [...], vol.4, n.1, pg 397-411, 2001.

SPECHT, L. P.; ROZEK, T.; HIRSCH, F.; SANTOS, R. T. (2007). **Avaliação da macrotextura de pavimentos através do ensaio de mancha de areia**. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.10, p.30-38.

**ANEXO 1 – PLANTA DOS ENSAIOS DE
MACROTEXTURA E MICROTEXTURA DA DF-001**



LEGENDA:

- Macrotextura: Altura de Mancha de Areia (HS) 100,0 mm. 
- Macrotextura: Altura de Mancha de Areia (HS) 100,0 mm. 
- Microtextura: Valor de Resistência a Derrapagem (VRP) 60. 
- Microtextura: Valor de Resistência a Derrapagem (VRP) 30. 

TÍTULO:
Planta dos ensaios de macrotextura e microtextura - DF 001

ESCALA:
Esp.

FOLHA:
01/01





REVISOR:
-

DATA:
DEZ/2019

**ANEXO 2 – PLANTA DOS ENSAIOS DE
MACROTEXTURA E MICROTEXTURA DA DF-150**



LEGENDA:

- Macrotextura: Altura de Mancha de Areia (HS) 100,0 mm. 
- Macrotextura: Altura de Mancha de Areia (HS) 100,0 mm. 
- Microtextura: Valor de Resistência a Derrapagem (VRP) 60. 
- Microtextura: Valor de Resistência a Derrapagem (VRP) 30. 

TÍTULO:
Planta dos ensaios de macrotextura e microtextura - DF 150

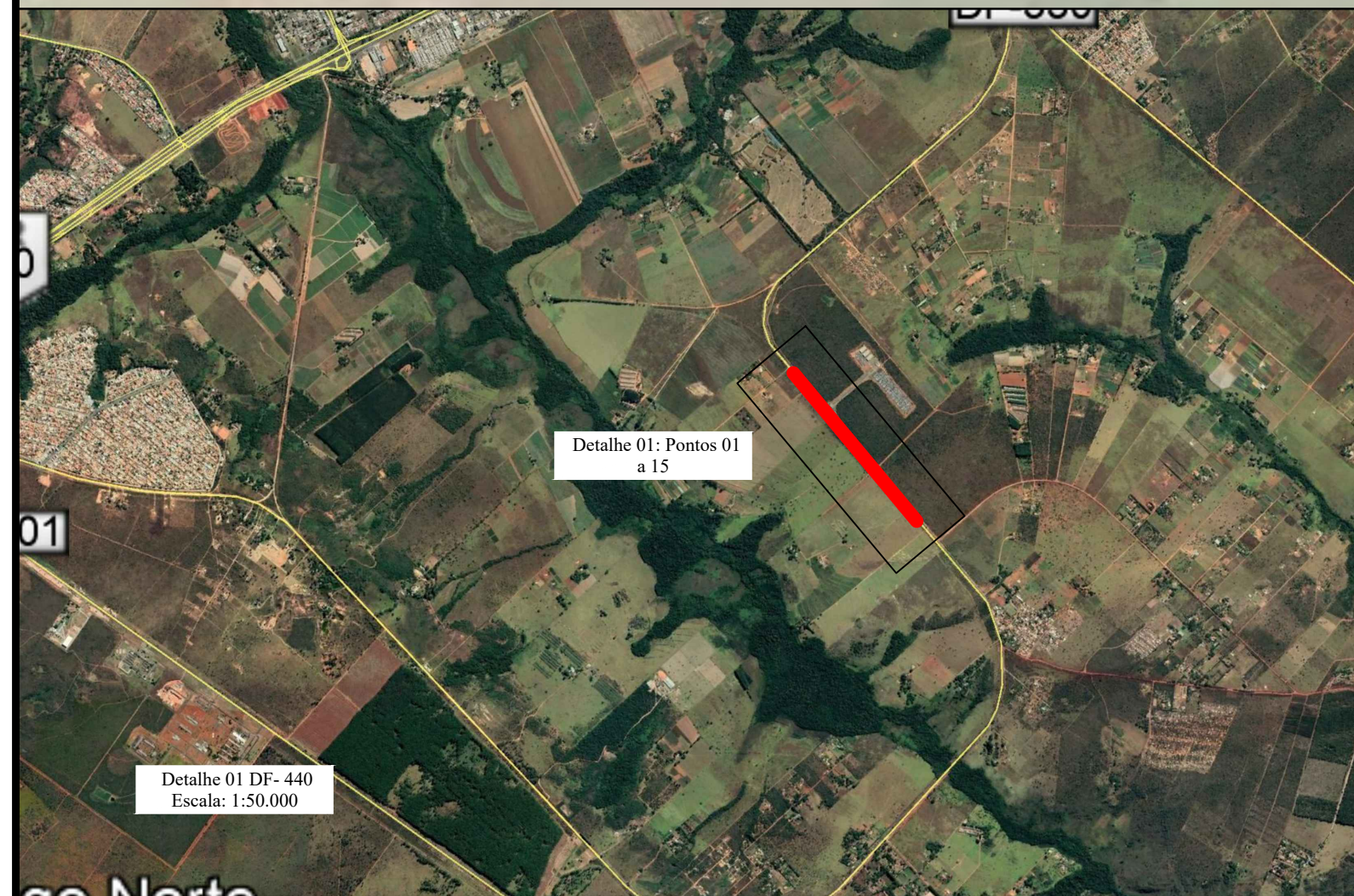
ESCALA:
Esp.

FOLHA:
01/01





REVISOR:
-

DATA:
DEZ/2019

**ANEXO 3 – PLANTA DOS ENSAIOS DE
MACROTEXTURA E MICROTEXTURA DA DF-440**



LEGENDA:

- Macrotextura: Altura de Mancha de Areia (HS) 100,0 mm. 
- Macrotextura: Altura de Mancha de Areia (HS) 100,0 mm. 
- Microtextura: Valor de Resistência a Derrapagem (VRP) 60. 
- Microtextura: Valor de Resistência a Derrapagem (VRP) 30. 

TÍTULO:
Planta dos ensaios de macrotextura e microtextura - DF 440

ESCALA:
Esp.

FOLHA:
01/01

REVISOR:
-

DATA:
DEZ/2019