



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR  
[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



## 25º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 48ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPv)

### CARACTERIZAÇÃO DE MACROTEXTURA DE SUPERFÍCIES DE PAVIMENTO POR MEIO DOS ENSAIOS DE MANCHA DE AREIA E DRENÔMETRO.

DOI: (a ser preenchido após o envio do código DOI da publicação)

*Gilberto Alvarenga Rodrigues<sup>1</sup>; Marcus Vinicius Ribeiro e Souza<sup>1</sup>; Janaina Lima de Araújo<sup>1</sup>*

#### RESUMO

Este trabalho teve o intuito de correlacionar por meio de uma função matemática os dados obtidos por ensaios de mancha de areia e drenabilidade, cabendo ressaltar que para a execução dos ensaios foi necessária a construção de um drenômetro para laboratório de mecânica de solos e pavimentação da Universidade Federal do Tocantins - UFT. Com a construção do equipamento e obtenção dos dados de ensaios foi possível efetuar uma regressão linear que se apresentou uma boa correlação ( $R^2 = 0,97$ ) entre os dados de altura média da mancha de areia (MTD) em função do inverso do tempo de escoamento ( $1/OFT$ ). Foi possível correlacionar o sistema de classificação proposto pela DNIT (2006) e classificar em função do tempo de escoamento os pavimentos utilizados para calibrar o modelo, como sendo de macrotextura média a grossa. Por fim, o equipamento construído pela equipe técnica do laboratório da UFT, mesmo tratando-se de um equipamento de simples concepção, se demonstrou uma ferramenta de fácil aplicação para determinação de medidas de drenabilidade, além de ter boa correlação entre os ensaios de mancha de areia.

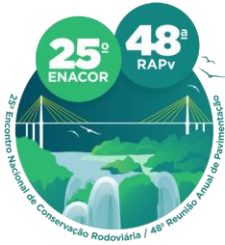
**PALAVRAS-CHAVE:** Macrotextura, Mancha de areia, Drenômetro.

#### ABSTRACT

The aim of this work was to correlate, through a mathematical function, the data obtained by sand stain and drainage tests, and it should be pointed out that for the execution of the tests it was necessary to construct a outflow meters for the soil mechanics and pavement laboratory of the University Federal University of Tocantins - UFT. With the construction of the equipment and obtaining the test data, it was possible to perform a linear regression that showed a good correlation ( $R^2 = 0.97$ ) between the data of average height of the sand spot (MTD) as a function of the inverse of the time of ( $1 / OFT$ ). Finally, it was possible to correlate the classification system proposed by National Department of Infrastructure and Transport - DNIT (2006) and to classify, as a function of the runoff time pavement used to calibrate the model, as medium to thick macrotexture. Finally, the equipment built and presented by the technical team of the at the UFT, even though it is a simple design equipment, proved to be an easy-to-use tool for determining drainage, in addition to having a good correlation between the sand stain tests.

**KEY WORDS:** Macrotexture, Sand stain, Drainometer.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins UFT, [enggilbertoar18@gmail.com](mailto:enggilbertoar18@gmail.com) ; [marcussouza@uft.edu.br](mailto:marcussouza@uft.edu.br); [janaina.araujo@uft.edu.br](mailto:janaina.araujo@uft.edu.br) ;



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



## INTRODUÇÃO

A função essencial de um pavimento rodoviário é assegurar uma superfície de rolamento que permita a circulação dos veículos com comodidade e segurança, durante um determinado período de vida do pavimento, sob a ação do tráfego e diante das condições climáticas atuantes (Branco, et al 2008 apud Francisco, 2011)

Segundo Videira (2014), o desempenho funcional ou superficial dos pavimentos está relacionado a fatores de segurança, conforto e economia, afetando especialmente o usuário. A característica mais importante do ponto de vista de segurança de circulação é sem dúvida a resistência à derrapagem, esta segurança em pavimentos flexíveis pode ser avaliada a partir da textura apresentada pela superfície do pavimento.

Sendo assim, em pavimentação são definidos dois conceitos capazes de definirem a capacidade de aderência e a textura da superfície de um pavimento, a saber: a microtextura e a macrotextura.

A microtextura representa a rugosidade da superfície de cada agregado que constitui a mistura asfáltica que não são visualizadas a olho nu. Enquanto a macrotextura é referente ao tamanho dos agregados, faixa granulométrica e a porcentagem de vazios que existem na mistura asfáltica. A microtextura que condiz a rugosidade da superfície do agregado é responsável pelo seu atrito, que resulta das combinações de micro e macrotextura associadamente (Pereira et al., 2012).

Para Pereira et al. (2012) o atrito sofre uma influência pelo polimento dos agregados, logo torna-se necessário medidas que prevejam esta característica assim como a sua alteração a partir das solicitações de tráfego.

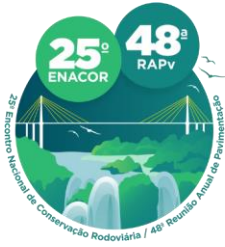
Apresentar uma boa condição de aderência oferece uma redução da distância de frenagem, principalmente em pavimentos molhados, fazendo com que o veículo continue na trajetória de interesse (Wallman e Astrom, 2001).

Pode-se observar que as condições de textura desejáveis tanto em pavimentos novos como em antigos e é fator indissociável para rodovias funcionais e seguras. Portanto, para a avaliação da macro e microtextura do pavimento são aplicados métodos bem consolidados o método da mancha de areia (ASTM E 965, 1996) e pêndulo britânico (ASTM E 303,1993), respectivamente.

A avaliação da macrotextura tem como ensaio mais convencional a mancha de areia (ASTM E 965, 1996), contudo este possui suas limitações inerentes a aplicação do método (i.e.: índice de macrotextura aplicável em faixa específica de 1,2 a 0,5mm, ou necessidade constante de uma superfície seca e limpa, o que nem sempre é possível obter, e uma necessidade de um tempo maior na interrupção do tráfego para realização das leituras). No entanto pode-se contornar estas dificuldades ao se correlacionar o índice de rugosidade (obtido pelo ensaio de mancha de areia) com ensaios de drenabilidade (ASTM E 2380, 2005).

Esta forma de análise não traz nenhuma inovação haja vista que a ASTM E 2380 (2005) propõem, por meio de formulação específica, a correlação entre os parâmetros obtidos mediante os ensaios de mancha de areia e os executados pelo drenômetro especificado pela ASTM E 2380 (2005). É importante ressaltar que o conceito de correlação refere-se a uma associação numérica entre duas variáveis, não implicando, necessariamente relação de causa-e-efeito. Porém, ao se analisar a rugosidade e a drenabilidade de um pavimento se têm uma relação direta de causa-e-efeito, ou seja, quanto mais rugoso maior potencial de drenabilidade do pavimento, o que faz dessa correlação uma ferramenta útil da determinação da textura em pavimentos.

Assim, de maneira similar conforme a pesquisa de Vieira et al. (2013) este trabalho teve o intuito de correlacionar por meio de uma função matemática os dados obtidos pelo ensaio de mancha de areia e os dados obtidos por ensaios de drenabilidade a partir da execução conjunta de ambos os ensaios,



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



cabendo ressaltar que para a execução dos ensaios foi necessária a construção de um drenômetro para laboratório de mecânica de solos e pavimentação da Universidade Federal do Tocantins - UFT.

## REFERÊNCIAL TEÓRICO

### Características relacionadas a textura do pavimento

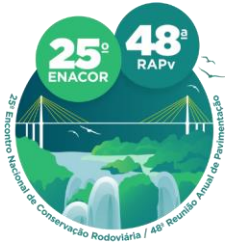
Segundo Wambold *et al.* (1995) a textura superficial pode ser dividida em quatro categorias: irregularidade, megatextura, macrotextura e microtextura. Para as categorias a divisão entre elas é estabelecida pela amplitude e comprimento de onda da senóide equivalente, conforme listado a seguir:

**Irregularidade:** A irregularidade é caracterizada por um comprimento de onda com elevados desvios, normalmente superior a 0,50m (Wambold, 1995 apud Ferreira, 2016). Esse tipo de textura, geralmente causa desconforto ao usuário da rodovia ao trafegar sobre um pavimento com uma superfície caracterizada com desvios dessa magnitude.

- **Megatextura:** é definida por uma variação de comprimento de onda compreendida entre 50 e 500 mm e amplitude de onda variando numa faixa entre 0,1 e 50 mm. O usuário pode notar por meio de solavancos dos veículos ou ondulação nas pistas.
- **Macrotextura:** é definido por desvios da superfície com comprimento de onda entre 0,5 e 50 mm e amplitude de onda normalmente variando entre 0,2 e 10 mm. Segundo Eléspuru (2004) quanto maior o valor da profundidade da macrotextura maior também será a capacidade de drenagem de água na área de contato pneu-pavimento.
- **Microtextura:** é definido por comprimentos de onda inferiores a 0,5 mm e amplitude de onda geralmente entre 0,001 e 0,5 mm que influencia na aspereza do pavimento. Quanto maior for o valor da microtextura, maior será o desgaste dos pneus.

Segundo Eléspuru (2004) a microtextura está associada a apresentação da superfície do agregado, obtida indiretamente pelo coeficiente de atrito. De acordo com Mattos (2009) existem dois fenômenos relacionados a presença de água na superfície de pavimento, que são:

- **Hidroplanagem:** Consiste na perda de contato entre o pneu do veículo e o pavimento devido à presença de água na superfície, que atua como um lubrificante e reduz sensivelmente a aderência da pista (Mattos, 2009). Segundo Vaiana *et al.* (2012) a altura da lâmina d'água e profundidade da textura do pavimento aumenta a velocidade de aquaplanagem.
- **Viscoplanagem:** É um fenômeno associado a baixas velocidades de operação em pavimentos que apresentam baixas ou até nenhuma aspereza com a presença de água na área de contato pneu-pavimento. Segundo a Aps (2006) a retirada da água da área de contato entre o pneu e o pavimento exige um tempo determinado. A macrotextura, em conjunto com os sulcos que compõem a banda de rodagem do pneu, permite que parte da água existente na pista possa ser drenada. A obtenção de uma macrotextura que possibilite a drenagem das águas pluviais é função da curva granulométrica da mistura asfáltica, das condições da camada de rolamento e do grau de polimento da superfície ou dos agregados empregados nessa camada.



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



## Aspectos relevantes relacionadas a rugosidade do pavimento

Segundo Peder (2017), para avaliar um pavimento, a primeira ideia é que os procedimentos a serem adotados sejam apenas a consideração quanto às irregularidades e patologias, assim como, panelas (buracos), trincas e fissuras, visto que estas são as que trazem desconforto visual ao usuário da via, mas salientando que fatores menos aparentes, como a textura superficial de um revestimento, tem relevante importância na avaliação do pavimento.

Sob o ponto de vista conceitual a aderência corresponde a capacidade de mobilizar forças de atrito ao contato pneu-pavimento sob efeito de solicitações aplicadas pelo motorista: aceleração, frenagens, curvas, etc. Já a ausência de aderência pode acarretar sérios riscos aos usuários, pois representa um dos fatores agravantes na ocorrência de acidentes (Ferreira, 2002).

Videira (2014) comenta que, a textura desempenha um papel fundamental na qualidade funcional de um pavimento, designadamente, na resistência à derrapagem, no desgaste dos pneus, no ruído e vibrações transmitidas ao interior dos veículos, tratando-se de um parâmetro que influencia diretamente a segurança, o custo de operação dos veículos, o conforto e o ambiente.

A microtextura, isto é, a aspereza superficial das partículas de agregado visíveis à superfície, contribui para a interpenetração das superfícies em contato (pneu / pavimento), mobilizando a principal componente da aderência (atrito por adesão) para velocidades de circulação médias e baixas. As deficientes condições de atrito podem explicar alguns dos acidentes graves que ocorrem em meio urbano (Menezes, 2008).

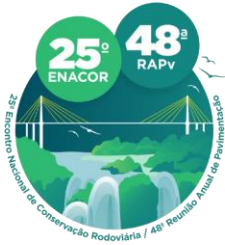
A macrotextura pode descrever-se como a saliência média dos agregados rochosos relativamente à superfície geral do pavimento. Em conjunto com a geometria do rasto do pneu, a macrotextura do pavimento facilita o escoamento da água quando chove. Este efeito reduz a espessura da lâmina líquida sob o pneu e reduz o risco de hidroplanagem (Menezes, 2008).

A deficiência na drenagem dos pavimentos pode provocar o fenômeno conhecido como hidroplanagem, o mesmo faz com que o pneu perca completamente o contato com o pavimento, permanecendo entre o pneu e o pavimento apenas lâmina d'água. Em resumo o fenômeno acontece pelo simples fato da espessura da lâmina d'água ter ultrapassado a altura das saliências da rugosidade (macrotextura) do pavimento (Ferreira 2002).

Os trechos com baixa aderência e/ou altos índices de acidentes devem ser identificados. Tal amostragem dá condições ao órgão rodoviário de elaborar um diagnóstico mais preciso, assim podendo analisar e planejar quais são as medidas necessárias de correção, caso a caso. Para misturas betuminosas, atualmente o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT especifica um método simples para avaliação das condições de macrotextura, a saber: *Association Française de Normalisation – AFNBR NF-216-7 – Método da Mancha de areia* (DNIT, 2006). Contudo, nesse trabalho a metodologia do ensaio de mancha de areia utilizada foi a proposta pela ASTM E 965 (1996).

## MATERIAIS E MÉTODOS

O programa experimental conduzido durante a pesquisa obedeceu as seguintes etapas: primeiramente foi definida a área e o pavimento para calibração entre os métodos (mancha de areia e o de drenabilidade), em seguida procurou-se construir um drenômetro e por fim a análise e validação da correlação entre os ensaios.



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



## Área de estudo

Os ensaios foram realizados nos estacionamentos do campus universitário, todos em pavimento flexível do tipo tratamento superficial. Os locais de ensaio foram escolhidos segundo a aparência da sua macrotextura, buscando abranger pontos do pavimento que apresentassem sua superfície de lisa a rugosa.

Dentre os pavimentos escolhidos foram selecionados sete pontos diferentes distribuídos aleatoriamente entre os estacionamentos do campus. Para um melhor entendimento da variação amostral pode-se observar a Figura 1 onde estão representados o posicionamento dos pontos, conforme a seguinte denominação: Mancha 1: estacionamento entre o bloco 1 e a biblioteca, Mancha 2: estacionamento lateral do bala 2, Mancha 3: estacionamento de frente ao restaurante universitário (RU), Mancha 4: estacionamento entre o bloco J e o LAB-4, Mancha 5: estacionamento do bloco D, Mancha 6: saída do estacionamento do bloco 4, Mancha 7: estacionamento do bloco 4.

Para melhor visualização dos locais de ensaiados, foi elaborado então um mapa pelo software Qgis onde é possível ver o estado do Tocantins, a cidade de Palmas e a localização dos pontos avaliados, isso é apresentado na Figura 1.

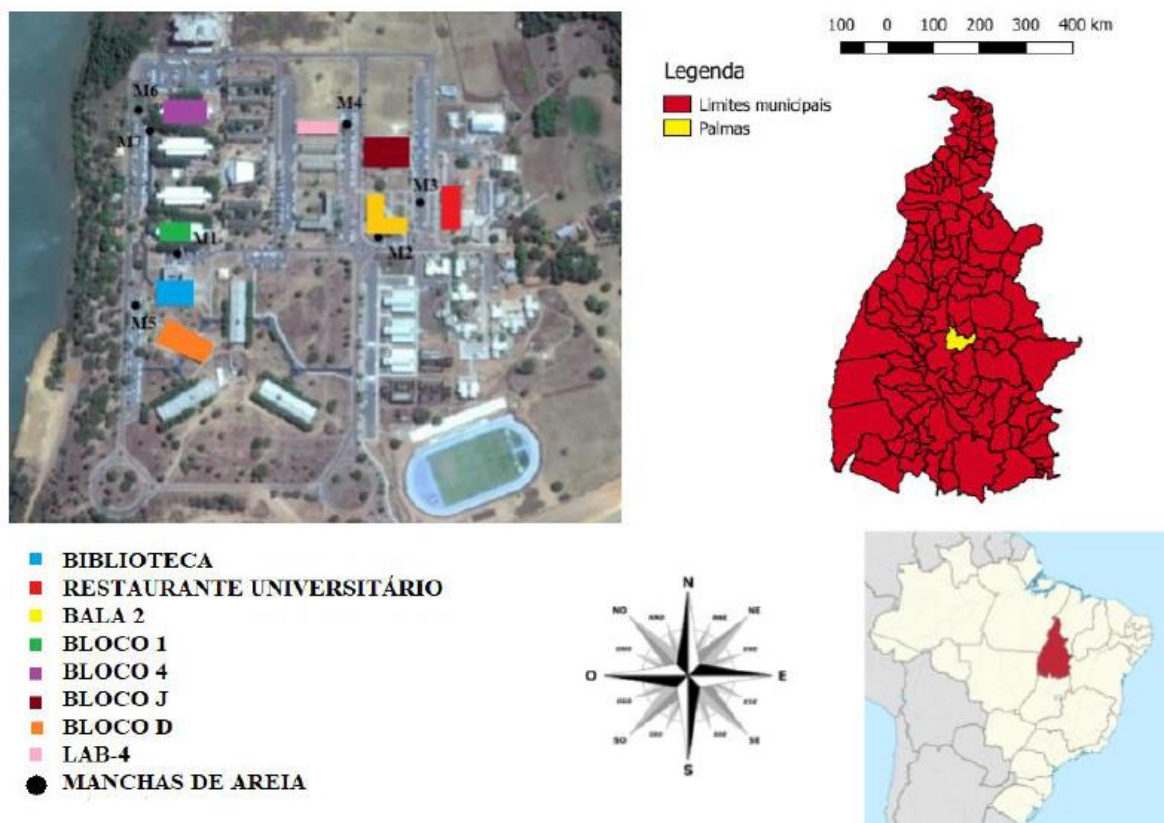
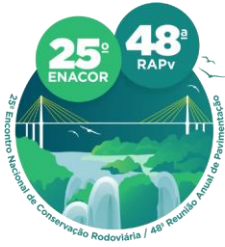


Figura 1. Localização dos ensaios

## Drenômetro do laboratório de mecânica de solos da UFT

Para a realização da pesquisa foi fator decisivo a construção de um drenômetro com características básicas que atendessem os parâmetros dimensionais da norma ASTM E 2380 (2005). O material



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



utilizado para construção foi um recipiente de acrílico que teve um furo feito na parte inferior com a ajuda de uma broca e uma lixadeira. O recipiente foi vedado com cola epóxi nos pontos onde poderia sofrer percolação da água.

Com a ajuda de fitas isolantes e cola epóxi ele teve o seu fundo revestido por um polímero que atuou como a banda de rodagem do pneu durante o ensaio. Seu pistão foi feito com a associação de uma barra de rosca sem fim, de ferro, e uma rolha de borracha. Seu desenho é ilustrado na Figura 2.

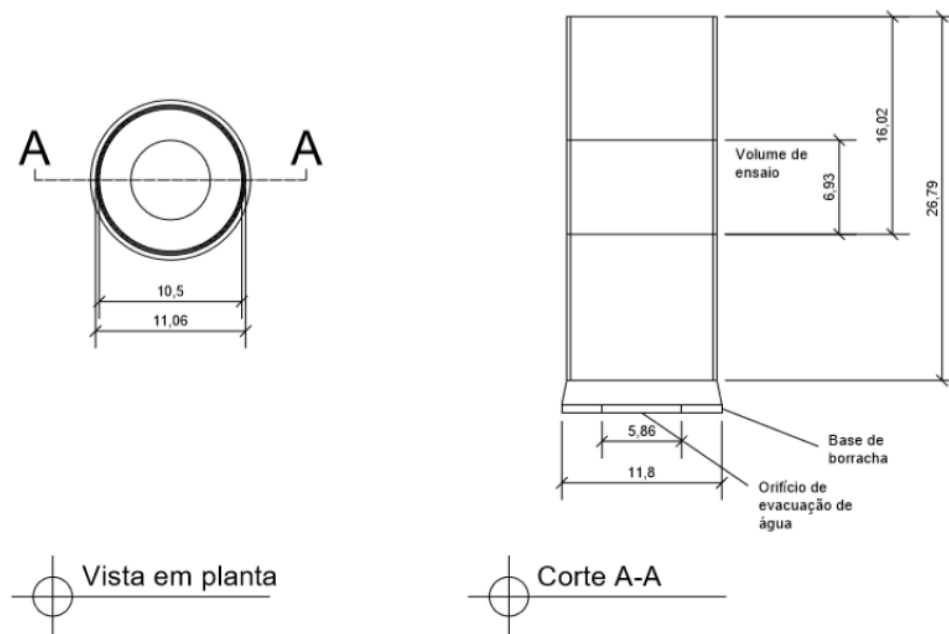


Figura 2. Representação gráfica do drenômetro da UFT e suas medidas em cm.

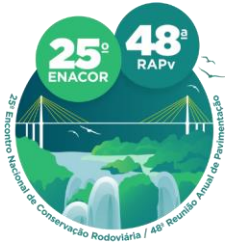
De acordo com a norma ASTM E 2380 (2005) o diâmetro da abertura no fundo do instrumento deve ser de no mínimo 60mm e o volume escoado deve ser entre 700 e 650ml, e isso não é encontrado no drenômetro construído pela UFT. Ele possui abertura de 58,6mm e volume marcado de 595,26ml, volume esse que é o volume contido entre as duas linhas marcadas no instrumento subtraído do volume do pistão que ainda se encontrará dentro do recipiente.

### Ensaio de drenabilidade (Outflow)

De posse dos equipamentos de ensaio (*i.e.*: drenômetro, pistão, cronômetro e recipiente para armazenamento de água) iniciou-se a realização dos ensaios seguindo os procedimentos descritos a seguir.

O drenômetro foi preenchido com água e então o pistão era removido, permitindo que a água escoasse. Cabe ressaltar que o pistão não foi completamente removido de dentro do equipamento, ele só é removido o suficiente para permitir o fluxo pela abertura no fundo, mas ele ainda continua dentro do recipiente durante todo o ensaio.

Com o auxílio de um cronômetro contou-se o tempo que um volume conhecido de água levava para escoar, esse tempo é conhecido como *outflow time* - OFT (tempo de escoamento). Esse volume conhecido era determinado por duas marcas contidas no equipamento, a contagem iniciava quando ele atingia a marca superior e terminava quando atingia a marca inferior, então o pistão era



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



recolocado, impedindo o fluxo na abertura. O ensaio foi repetido três vezes e suas medidas de tempo registradas, o valor de OFT utilizado era a média dessas três medidas. O detalhamento dos equipamentos utilizados e o procedimento de ensaio podem ser observados na Figura 3 (a) e (b).



(a) Drenômetro antes de sua utilização (b) Equipamento cheio, sem de remover o pistão (c) Ensaio em andamento

Figura 3. Drenômetro após a sua utilização

### Ensaio de mancha de Areia

As campanhas experimentais nos pontos amostrados foram realizadas sempre tendo o cuidado de manter a superfície pavimento seca e limpa. Todavia, o ensaio da mancha de areia consistiu em seguir os procedimentos da norma ASTM E 965 (1996) onde resumidamente procura-se utilizar um pistão de madeira com solado de borracha para espalhar um volume conhecido de areia ( $25000\text{mm}^3 \pm 150\text{mm}^3$ ) e formar um círculo. Do diâmetro medido desse círculo efetuasse o cálculo da altura de mancha de areia a qual correlacionasse a níveis de rugosidade do pavimento.

Para realização do ensaio foi utilizado os equipamentos ilustrados na Figura 4 (a) e foram basicamente: pistão de madeira com solado de borracha, Areia, Espátula, Recipiente de volume conhecido ( $25000\text{mm}^3 \pm 150\text{mm}^3$ ) e Trena. No que tange os procedimentos de ensaios pode-se observar a Figura 4 (b) e (c) onde são ilustrados os procedimentos básicos para determinação e que consistiram em: preencher o recipiente completamente até a borda com a areia, então era utilizada a espátula para nivelá-lo, fazendo com que o volume de areia usado seja sempre o mesmo em todos os ensaios. A areia era então colocada no pavimento e espalhada em movimentos circulares até que o seu tamanho não sofresse mais alterações. Depois de se fazer a mancha são recolhidas 4 medidas de diâmetro e com a média dessas medidas é calculada a altura de mancha de areia ou MTD - mean texture depth (profundidade média da textura) por meio da Equação (1):

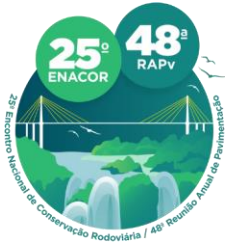
$$MTD = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} \quad (1)$$

Em que:

MTD: profundidade média da textura [mm];

V: volume de areia conhecido, vale  $25000\text{mm}^3$  aproximadamente;

Dm: média dos diâmetros medidos no ensaio [mm].



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



(a) Materiais empregados no teste



(b) Espalhamento da areia sobre a superfície



(c) Medida do diâmetro do círculo

Figura 4. Mancha de areia sobre o pavimento

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Resultados dos ensaios de mancha de areia e drenabilidade

Como descrito na metodologia a avaliação da macrotextura por meio do ensaio de mancha de areia consistiu na determinação da altura média da mancha (MTD). Na Tabela 1 são apresentados os valores de diâmetro médio, desvio padrão e altura de mancha de areia (MTD), todos em milímetros, encontrados com os ensaios de mancha de areia.

Tabela 1. Resultados do ensaio de mancha de areia

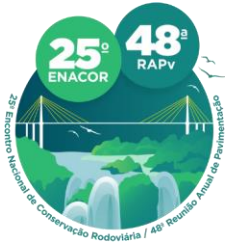
MANCHA	$\varnothing$ (mm)	$\sigma$ (mm)	MTD (mm)
1	239,0	6,16	0,557
2	189,2	4,92	0,889
3	186,7	5,62	0,913
4	171,5	3,00	1,082
5	164,2	2,63	1,181
6	242,8	4,85	0,540
7	188,0	8,20	0,900

Na Tabela 2 são apresentados os tempos médios de drenagem (OFT) em segundos e o desvio padrão de cada experimento, também em segundos.

Tabela 2. Resultados do ensaio do drenômetro

MANCHA	OFT(s)	$\sigma$ (s)
1	8,16	0,352
2	5,57	0,595
3	4,93	0,297
4	4,89	0,367
5	4,29	0,131
6	8,03	0,171
7	6,16	0,109





19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



## Análise da relação entre os resultados dos ensaios

Na norma do ensaio de drenabilidade da ASTM E 2380 (2005) é proposta uma equação que correlaciona os dados de tempo de escoamento encontrados com o drenômetro, com profundidade média da textura encontrados com o ensaio de mancha de areia, mas por diferenças físicas entre o equipamento desenvolvido pela UFT e o descrito na ASTM E 2380 (2005) não foi possível utilizar a equação proposta pela norma.

A Equação (2) utilizada na norma é linear e se relaciona o inverso do tempo de escoamento.

$$MTD = \frac{3,114}{OFT} + 0,636 \quad (2)$$

Numa tentativa de se aproximar à norma, foi relacionado os valores de inverso do OFT em segundos com os dados calculados de MTD em milímetros, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores obtidos de OFT e MTD

MANCHA	OFT (s)	1/OFT (s <sup>-1</sup> )	MTD (mm)
1	8,16	0,123	0,557
2	5,57	0,180	0,889
3	4,93	0,203	0,913
4	4,89	0,204	1,082
5	4,29	0,233	1,181
6	8,03	0,125	0,540
7	6,16	0,162	0,900

A partir dos dados definiu-se uma função linear de tendência conforme a Figura 5, na qual a linha foi forçada a passar pela origem pois partiu-se do pressuposto que um tempo de escoamento infinitamente grande, faria com que o inverso do OFT tendesse a zero, fazendo com que a medida da textura tenda a zero também.

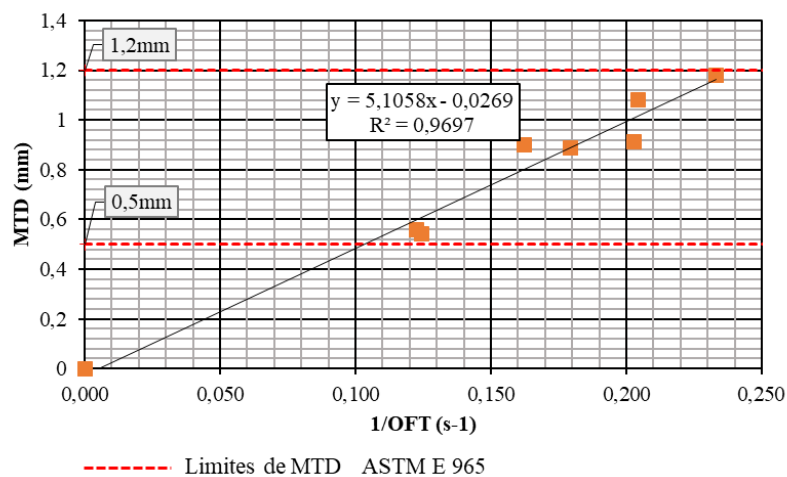
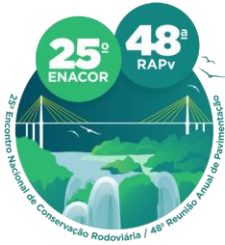


Figura 5. Relação entre o OFT e o MTD.



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



A Equação (3), descrita a seguir, determinada por meio da análise de regressão linear e expressa na Figura 4 apresentou um  $R^2$  igual a 0,97 o que é um bom valor, pois mostra que a equação se ajusta bem aos resultados. Fisicamente ela pode incorporar erros, afinal para um tempo infinitamente alto seu valor de MTD seria negativo, o que não faz sentido, contudo ela serviu para as aplicações do drenômetro, que foram em pavimentos asfálticos, cujo tempo nunca passará da ordem de minutos. A relação que descreve a altura média da mancha (MTD em mm) em função do inverso do tempo de escoamento (1/OFT em s-1) é expresso pela Equação (3).

$$MTD = \frac{5,106}{OFT} - 0,027 \quad (3)$$

Por fim, cabe ressaltar que o ensaio de mancha de areia possui limitações na sua aplicação pois de acordo com a norma ASTM E 965 (1996) ele só é válido para pavimentos que apresentem um MTD entre 0,5 e 1,2mm. Logo ao assumir estes limites, como representado na Figura 5, percebe-se que todas as amostras de dados se encontram dentro da faixa sugerida em norma, o que torna plausível o uso e aplicação da Equação (3) do drenômetro da UFT na determinação da macrotextura em pavimentos asfálticos. Desde que tenha a sua equação definida o ensaio do drenômetro não possui limites de aplicação, podendo ser executado desde pavimentos muito rugosos até os mais lisos.

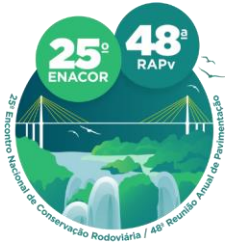
### Proposta de correlação entre o drenômetro e a macrotextura

Seguindo a classificação adotada pelo DNIT (2006) de macrotextura e utilizando a equação de correlação encontrada para o drenômetro do laboratório de solos da UFT, se obtém a classificação da macrotextura com o tempo de escoamento medido, como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Classificação de macrotextura de acordo com o DNIT(2006) e com o drenômetro proposto

CLASSIFICAÇÃO	MDT(mm)	OFT(s)
MUITO FINA	0,2>	22,5<
FINA	0,4>MDT>0,2	12,0<OFT<22,5
MÉDIA	0,8>MDT>0,4	6,2<OFT<12,0
GROSSA	1,2>MDT>0,8	4,2<OFT<6,2
MUITO GROSSA	1,2<	4,2>

A partir desses valores pode-se classificar o pavimento nos locais avaliados nesta pesquisa, conforme a proposta representada na Tabela 4. Dos resultados se observa na Tabela 5 que a textura do pavimento do campus universitário está entre média a grossa, resultado condizente como o tipo de pavimento implantado no campus que trata-se de um tratamento superficial o qual apresenta agregados bem aparentes conduzindo para uma textura bem rugosa.



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



Tabela 5. Classificação da macrotextura do pavimento de acordo com o tempo de escoamento

MANCHA	OFT(s)	CLASSIFICAÇÃO
1	8,16	MÉDIA
2	5,57	GROSSA
3	4,93	GROSSA
4	4,89	GROSSA
5	4,29	GROSSA
6	8,03	MÉDIA
7	6,16	MÉDIA

## CONCLUSÃO

O equipamento construído pela equipe técnica do laboratório, mesmo tratando-se de um equipamento de simples concepção, se demonstrou uma ferramenta de fácil aplicação para determinação de medidas de drenabilidade, além de ter boa correlação ( $R^2$  igual a 0,97) entre os ensaios de mancha de areia. Isto permitirá a determinação da macrotextura em condições onde a metodologia da determinação da mancha de areia torne-se inaplicável, ou seja, para valores fora dos limites da ASTM E 965 (1996) ou em condições onde seja impraticável ter um pavimento limpo e seco.

A metodologia para a classificação da macrotextura com base no tempo de escoamento medido, apesar de transparecer óbvia, torna-se uma alternativa quando for impossível o emprego da mancha de areia. No entanto, é importante se frisar que o ensaio com o drenômetro não substitui o ensaio de mancha e, sim, complementa, visto que ambos têm limitações e influência do operador.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society for Testing and Materials (ASTM), E 965 Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture using a Volumetric Technique. ASTM Internacional. Pensilvânia, Estados Unidos, 1996.

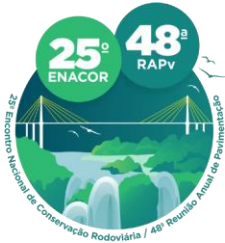
American Society for Testing and Materials (ASTM), E 2380 Standard Test Method for Measuring Pavement Texture Drainage Using an Outflow Meter. Pensilvânia, Estados Unidos, 2005.

Aps, Márcia. Classificação da Aderência pneu-pavimento pelo índice combinado IFI – international friction index para revestimentos asfálticos. 2006. 208p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

Araújo, J. L. (2009). Características Funcionais e Mecânicas de Misturas Asfálticas para Revestimento de Pavimentos Aeroportuários. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM177/09, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 147 p.

Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. Manual de restauração de pavimentos asfálticos. DNIT. Rio de Janeiro: IPR-720, 2006. 310 p.

Eléspuru, G. B. Resistencia al deslizamiento en pavimentos flexibles: propuesta de norma peruana. 2004. 81P. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, 2004.



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



Ferreira, J. C. Estudo e avaliação da influência da macrotextura e microtextura: na aderência pneu-pavimento. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2016.

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, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2002.

Francisco, A. P. S. Comportamento Estrutural de Pavimentos Rodoviários Flexíveis. Dissertação (mestrado) - Engenharia da Construção - Escola Superior de Tecnologia e de Gestão Instituto Politécnico de Bragança. Bragança, Portugal, 2012.

Lopes, O. M. M. Misturas Betuminosas – Determinação das características para o cálculo dos pavimentos. Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.

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

Menezes, M. V. (2008). Estudo das Características de Superfície de Pavimentos Rodoviários para Análise da Segurança do Tráfego, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Instituto

Superior Técnico da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.

Pereira, C. A. et al. Analise da aderência pneu-pavimento em pontos de ocorrência de acidentes. TRANSPORTES v. 20, n. 2, 2012.

Peder, M. A. Avaliação da Macrotextura do Pavimento Asfáltico de um Trecho de Rodovia Localizada no Noroeste do Paraná. 2017. 47 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

Vaiana, R.; G. F. Capiluppi; V. Gallelli; T. Iuele e V. Minani. Pavement surface performances evolution: an experimental application. In: SHIV – 5th International Congress – Sustainability of road infrastructures, 5., 2012, Cosenza, Italy, Anais... Procedia - Social and Behavioral Sciences 53 (2012) 1151 – 1162.

Vieira, F. I. B. Manual de Conservação de Pavimentos para Pequenas Redes Rodoviárias Municipais: bases para a sua elaboração. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Construção Urbana. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra, Portugal, 2014.

Vieira, T.; A. K. Kuchiishi; D. C. Redondo; S. C. Callai e L. L. B. Bernucci. Avaliação da Macrotextura Média de Superfícies de Pavimentos: Comparação entre as técnicas com Drenômetro e com Mancha de areia. In: ANPET - Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2013, Belém - PA. Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2013.

Wallman, C-G. e H. Aström; Friction measurement methods and the correlation between road friction and traffic safety. In: Swedish National Road and Transport Research Institute. VTI meddelande 911A, Sweden, 2001.

Wambold, J. C.; Antle; E. Charles; J. J. Henry; Rado e Zoltan. International PIARC Experiment to compare and to harmonize texture and skid resistance measurements. PIARC: PIARC Technical Committee on Surface Characteristics.[...], 1995. 346p.