

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

www.rapvenacor.com.br



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

AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES NA MACROTEXTURA DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS URBANOS AO LONGO DO TEMPO E A RELAÇÃO COM A SEGURANÇA VIÁRIA

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

Jônatan Gomes Rodrigues¹ & Wellington Lorrán Gaia Ferreira²

RESUMO

Os acidentes de trânsito são influenciados por diversas variáveis, como as condições mecânica dos veículos e o estado físico e mental dos condutores. A infraestrutura viária também desempenha um papel importante no comportamento dos motoristas e, conseqüentemente, na ocorrência de acidentes. Nesse contexto, as condições de textura da superfície asfáltica em ambientes urbanos podem se alterar no decorrer da vida útil por conta da dinâmica do tráfego, das intempéries e outros. Logo, o objetivo desta pesquisa foi avaliar ao longo do tempo, o comportamento da macrotextura em um trecho de via urbana na cidade de Caraúbas/RN, analisando locais onde ocorre constante aceleração e frenagem, com elevado potencial de ocorrência de conflitos, tais como próximo de lombadas, cruzamentos, faixas de pedestre e outros. A avaliação da macrotextura foi realizada através do ensaio de Mancha de Areia, em dezoito pontos da mesma via, tanto na Trilha de Roda Interna (TRI) quanto na Trilha de Roda Externa (TRE) durante 13 meses. Ademais, acompanhou-se também as condições de tráfego na via. Observou-se que houve um aumento da macrotextura do pavimento em 97% dos pontos analisados, inclusive em alguns locais houve com mudança de classificação entre abril/2022 e maio/2023. Além disso, percebeu-se ligeira diferença de valores de macrotextura entre a TRE e a TRI. Esses resultados podem ser explicados em parte pelo comportamento do tráfego urbano, uma vez que ciclistas e motociclistas usam apenas um eixo da via para trafegar e pelo desgaste natural gerado pelo aumento de tráfego. Ademais, pontos dentro da Distância de Visibilidade de Parada (DVP) tiveram um maior desgaste. De forma geral, a condição da macrotextura foi afetada ao longo do tempo, ultrapassando limites considerados seguros para vias urbanas.

PALAVRAS-CHAVE: Aderência pneu/pavimento, Pavimentação asfáltica, Segurança viária.

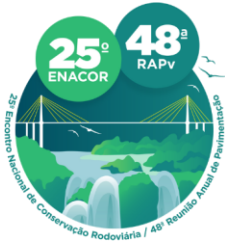
ABSTRACT

Traffic accidents are influenced by various variables, such as the mechanical conditions of vehicles and the physical and mental state of drivers. The road infrastructure also plays an important role in driver behavior and, consequently, in the occurrence of accidents. In this context, the texture conditions of the asphalt surface in urban environments can change over time due to traffic dynamics, weather conditions, and other factors. Therefore, the objective of this research was to evaluate the behavior of macrotexture over time in a section of urban road in Caraúbas, Rio Grande do Norte, analyzing locations where constant acceleration and braking occur, with a high potential for conflicts, such as near speed bumps, intersections, pedestrian crosswalks, and others. The evaluation of macrotexture was carried out through the Sand Patch Test at eighteen points along the same road, both on the Inner Wheel Path (TRI) and the Outer Wheel Path (TRE), for a period of 13 months. In addition, traffic conditions were monitored. It was observed that there was an increase in pavement macrotexture in 97% of the analyzed points, and in some locations, there was a change in classification between April 2022 and May 2023. Furthermore, a slight difference in macrotexture values was noticed between TRE and TRI. These results can be partly explained by the behavior of urban traffic, as cyclists and motorcyclists use only one lane to travel, and by the natural wear caused by increased traffic. Moreover, points within the Stopping Sight Distance (DVP) experienced greater deterioration. Overall, the condition of macrotexture was affected over time, surpassing the limits considered safe for urban roads.

KEY WORDS: Tire/Pavement Adhesion. Asphalt Pavement. Road Safety.

¹ Universidade Federal Rural do Semi Árido – UFERSA – E-mail: jonatan.rodrigues@alunos.ufersa.edu.br

² Dr. UFC – Professor – UFERSA – E-mail: wellington.ferreira@ufersa.edu.br



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

www.rapvenacor.com.br



INTRODUÇÃO

De acordo com o plano global da década de ação pela segurança no trânsito 2021-2030, desenvolvido pela Organização Mundial da Saúde - OMS (2021), os acidentes de trânsito são considerados um grave problema de saúde pública. Estima-se que aproximadamente 1,3 milhões de pessoas morrem anualmente no mundo devido a esses acidentes. Para Maia e Castelo Branco (2019), o comportamento dos condutores é um fator crucial na causa desses acidentes, porém, essa questão é de difícil modelagem, sendo então responsabilidade da engenharia de transportes propor medidas para reduzir as graves implicações comportamentais e promover a segurança viária.

Nesse contexto, a condição da superfície do pavimento desempenha um papel crucial na segurança viária, uma vez que a textura superficial afeta diretamente a aderência entre o pneu e o pavimento. De acordo com Bernucci et al. (2022), a macrotextura é uma das características mais importantes e que afetam a aderência, principalmente para velocidades de deslocamento acima de 50km/h. Este parâmetro pode ser definido como a rugosidade formada pelos agregados presentes no pavimento. Aps (2006) indica que existe uma tendência de que a superfície de pavimentos asfálticos mais antigos apresente uma macrotextura mais aberta em comparação com os pavimentos mais recentes. Esse fenômeno ocorre devido à ação do tráfego ao longo do tempo e pode afetar tanto o atrito quanto a capacidade de drenagem da via, isto é, pode gerar impacto nas condições de segurança.

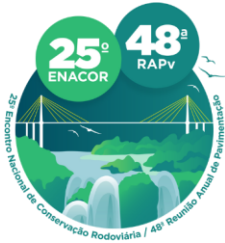
Segundo Costa (2017), a qualidade da textura superficial do pavimento pode ser comprometida por diversos fatores, como a ação contínua do tráfego ao longo do tempo, as condições climáticas adversas, a presença de sujeira, entre outros. Ademais, Peder (2017) afirma que a condição da macrotextura do pavimento desempenha um papel significativo em diversos aspectos, como a resistência à derrapagem, o desgaste dos pneus (o que pode aumentar o consumo de combustível) e a geração de ruídos que impactam diretamente no conforto da população que reside nas proximidades das vias. Além disso, vale ressaltar que nas vias urbanas, as condições de tráfego diferem das rodovias rurais, pois há uma presença constante de áreas de frenagem e aceleração, como faixas de pedestres, lombadas, paradas de ônibus e outros elementos. Isso resulta em possíveis variações na macrotextura ao longo da mesma via com maior frequência se comparado com as rodovias rurais.

Nesse sentido, a macrotextura do pavimento é um parâmetro dinâmico que sofre alterações na via ao longo da vida útil, e a avaliação periódica do pavimento permite mapear as áreas que necessitam de intervenções e aplicar medidas corretivas, como a restauração da textura superficial ou a aplicação de revestimentos antiderrapantes, para que seja possível manter a segurança viária e proporcionar condições adequadas de aderência entre os pneus e o pavimento. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo investigar através dos ensaios de mancha de areia, a condição da macrotextura do pavimento ao longo do tempo em pontos que são considerados críticos (isto é, próximo de cruzamentos, de faixas de pedestre, lombadas e outros) em uma mesma via, a fim de identificar os possíveis pontos onde as condições da superfície podem contribuir para a ocorrência de conflitos de trânsito.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Aderência Pneu-Pavimento

A aderência pneu pavimento é a capacidade dos pneus de um veículo de manter contato e aderir à superfície do pavimento durante o deslocamento. De acordo com Bernucci *et al* (2022), essa aderência é influenciada por diversos fatores, sendo que a textura superficial da pista e a características dos pneus (ranhuras, pressão de inflação, dimensões e tipo), desempenham papel



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

www.rapvenacor.com.br



fundamental nesse aspecto. Além disso, a presença de uma boa aderência entre as superfícies do pneu e do pavimento desempenha um papel fundamental na redução da distância de frenagem, especialmente em superfícies molhadas. Em dias chuvosos, é comum ocorrer o fenômeno conhecido como hidroplanagem (Figura 1), que é causado pelo acúmulo de água na superfície do pavimento, formando uma película aquaplanante e diminuindo o contato efetivo entre o pneu e a superfície asfáltica. Esse cenário pode resultar em acidentes devido à redução da aderência nas condições adversas mencionadas.



Figura 1: Fenômeno da hidroplanagem (Uniroyal, 2017)

Textura do Pavimento

Bernucci *et al.* (2022), afirma que a megatextura e a irregularidade da superfície afetam significativamente a dinâmica veicular e o contato do veículo com o pavimento, tendo impacto direto na estabilidade direcional e na aderência, especialmente em condições de pista molhada. Esses fatores desempenham um papel crucial na segurança e no desempenho dos veículos, influenciando a capacidade de controle e manobra, bem como a capacidade de frenagem eficaz. Boas condições de atrito no pavimento está diretamente relacionada com a sua textura, que é composta pela microtextura e macrotextura. Bitelli *et al.* (2012), definem a microtextura como os comprimentos de onda inferiores a 0,5 mm horizontalmente e amplitudes verticais de até 0,2 mm, está relacionada à rugosidade dos elementos individuais de agregados usados na camada superficial e ao agregado mineral natural. Por outro lado, a macrotextura é definida como a saliência média dos agregados rochosos, sendo este o parâmetro mais relevante para prevenir a hidroplanagem. A Figura 2 ilustra a representação da microtextura e macrotextura no revestimento asfáltico.

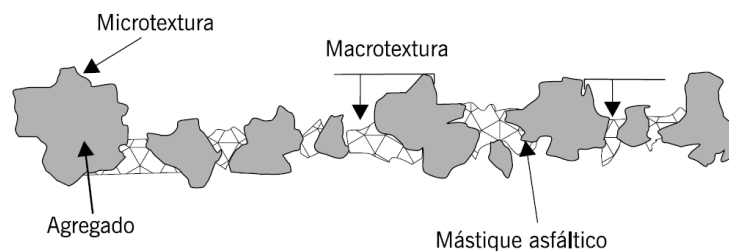
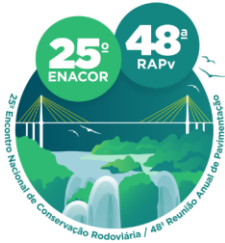


Figura 2: Representação da Macrotextura e Microtextura (Bernucci *et al.*, 2022)

Para avaliar a macrotextura de pavimentos asfálticos, existem diversos métodos disponíveis, sendo o ensaio de Mancha de Areia o mais comumente utilizado devido à sua facilidade de execução e ao baixo custo dos materiais envolvidos. Nesse ensaio, a profundidade dos microcanais do pavimento é



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

www.rapvenacor.com.br



medida para determinar a macrotextura. Os espaços vazios na textura superficial do pavimento são preenchidos com uma quantidade conhecida de areia. A superfície do pavimento é limpa com uma escova e, em seguida, a areia é espalhada sobre a superfície seca usando um disco de espalhamento com diâmetro entre 60 e 75 mm. O ensaio é cessado assim que algumas pontas dos agregados ficarem visíveis. Em seguida, o diâmetro da mancha de areia é medido e o diâmetro médio do círculo formado pela área coberta pela areia é calculado. A altura média da mancha de areia é determinada utilizando a Equação 1.

$$Hs = \frac{4v}{Dm^2 \times \pi} \quad (1)$$

Onde: Hs= altura média da macha de areia, em mm;

V= volume constante de areia (25.000 mm³);

Dm= diâmetro médio do círculo de areia, em mm.

A partir dos valores encontrados da altura média da mancha de areia, é possível determinar a macrotextura do pavimento asfáltico. Em geral, quanto maiores forem os valores da mancha de areia, mais áspera será a macrotextura, como ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1: Limites da aplicação do revestimento segundo a mancha de areia e sua aplicação (adaptado de DNIT, 2006)

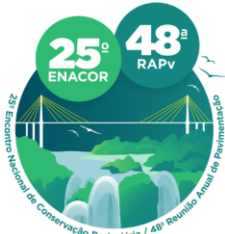
HS (mm)	Macrotextura	Aplicação
HS < 0,20	Muito fina ou muito fechada	Não deve ser utilizado
0,20 < HS < 0,40	Fina ou fechada	Reservado para zonas urbanas V < 80 km/h
0,40 < HS < 0,80	Média	Indicado para vias com 80 km/h < V < 120 km/h
0,80 < HS < 1,20	Grosseira ou aberta	Indicado para vias rápidas V > 120 km/h
1,20 < HS	Muito grosseira ou muito aberta	Indicado em casos especiais

O Código Brasileiro de Trânsito - CBT (1997) estabelece que, para áreas urbanas, a velocidade do tráfego não deve ser superior a 80 km/h. Dessa forma, a macrotextura da via deve estar em um intervalo de fina ou fechada (F), sendo que os valores para a profundidade média da macrotextura devem estar entre 0,2 e 0,4mm.

Distância de Visibilidade de Parada

Outro fator que influencia diretamente na ocorrência de acidentes é a Distância de Visibilidade de Parada (DVP), que tem como objetivo oferecer ao usuário condições de visibilidade para que ao surgir um obstáculo (Lombadas, faixas de pedestres ou até mesmo outro veículo), o condutor possa parar o veículo em segurança.

De acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999), a DVP é o distanciamento mínimo para que um veículo possa entrar em estado de inércia antes que atinja qualquer objeto de forma inesperada, estando ele na velocidade de projeto ou próxima a ela. Esse distanciamento pode ser composto por dois fatores: a primeira a distância percorrida durante o tempo



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

www.rapvenacor.com.br



de reação do motorista e a segunda está relacionada ao tempo que o veículo para após o início da frenagem.

O atrito tem fundamental importância no tempo de parada do veículo, uma vez que depende da condição superficial do pavimento. Assim dependendo dos valores da microtextura e macrotextura, o tempo de parada será diferente. A Equação 2 demonstra os coeficientes necessários para essa avaliação.

$$d = \frac{0,7V + V^2}{[255(f+i)]} \quad (2)$$

Onde: d= Distância de visibilidade, em m.

v=Velocidade diretriz, em km/h.

f= Coeficiente de atrito do pavimento.

i= Greide, em m/m.

Uma análise realizada por Bezerra Filho e Oliveira (2013) investigou a existência de uma possível relação entre a macrotextura e o coeficiente de atrito. Essa investigação foi conduzida utilizando o método da mancha de areia e o *Skiddometer*. No entanto, os resultados obtidos por esses autores não demonstraram uma correlação significativa entre essas variáveis. Posteriormente, Quariguasi (2020) realizou um estudo semelhante, mas também não encontrou uma correlação relevante entre a macrotextura e o coeficiente de atrito.

MATERIAIS E MÉTODOS

Definição da Área de Estudo

Essa pesquisa foi conduzida na rua Leovegildo Fernandes Pimenta (classificada como via Coletora), na área urbana da cidade de Caraúbas (Figura 3), situada na mesorregião Oeste Potiguar do Rio Grande do Norte (RN). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2022), em termos populacionais Caraúbas é a 28ª maior cidade do estado, com uma população de 19.766 habitantes. É importante destacar que Caraúbas abriga um dos quatro campi da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA.

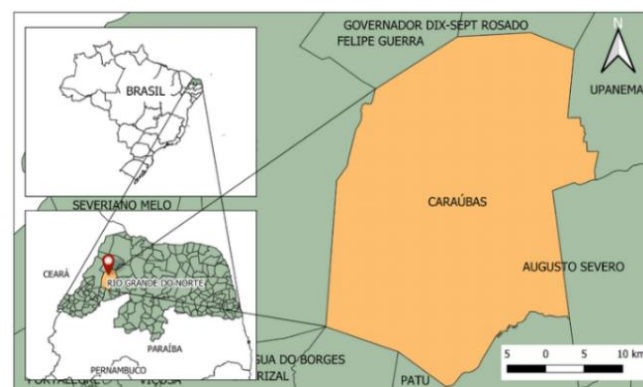
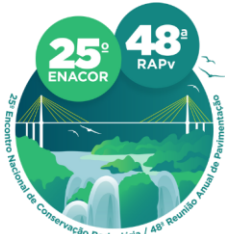


Figura 3: Localização da cidade de Caraúbas/RN (Lopes *et al.* 2020)

A Figura 4 identifica os (18) dezoito pontos onde os dados da pesquisa foram coletados. Na mesma via, sob uma extensão de 360m foram analisados diferentes pontos, com a finalidade de minimizar a influência de fatores como geometria da via e classificação funcional, que poderiam interferir nos resultados. Ademais, o trecho da via estudada possui o mesmo tipo de revestimento, do tipo Concreto



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

www.rapvenacor.com.br



Asfáltico (CA). Infelizmente, não há dados formais com relação aos pontos de ocorrência de conflitos de trânsito. No entanto, o relatório estatístico mais recente do Departamento Estadual de Trânsito do Rio Grande do Norte - DETRAN/RN, divulgado em 2019, fornece informações sobre os acidentes de trânsito com vítimas fatais no estado. De acordo com esse relatório, no município de Caraúbas, naquele ano ocorreram 6 casos de vítimas fatais em decorrência de acidentes. Ao buscar informações nos meios de comunicação da cidade e conversando com populares que moram nas proximidades da via em estudo, é constatado que ocorreram alguns conflitos nos últimos anos, porém sem vítimas fatais.

Sentido A: Supermercado Rede 10 → Banco do Brasil
Sentido B: Banco do Brasil → Supermercado Rede 10



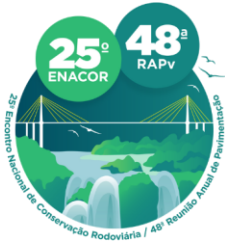
Figura 4: Pontos de análise (Rodrigues, 2022)

Além disso, a via possui sinalização horizontal inexistente e vertical insuficiente, que podem contribuir para uma menor segurança, sendo identificados apenas pontos de lombadas. Vale ressaltar que essas lombadas estão situadas principalmente próximas a cruzamentos com a finalidade de reduzir a velocidade de veículos nesses locais que podem ocorrer conflitos. Logo, foram selecionadas áreas onde a ocorrência de conflitos de trânsito é mais frequente, como cruzamentos, regiões que podem ser afetadas por acelerações e frenagens constantes, como faixas de pedestres e lombadas. Também foram selecionados locais sem ser próximo a cruzamentos, faixas de pedestres ou cruzamentos, a fim de comparação da macrotextura desses locais com os demais pontos. Para a avaliação da macrotextura do pavimento na via coletora em estudo, foram conduzidos testes de Mancha de Areia tanto na Trilha de Roda Interna - TRI (eixo da via) quanto na Trilha de Roda Externa - TRE (próxima à calçada), totalizando 36 testes.

Em relação a DVP, por se tratar da mesma via, mesma velocidade e mesma declividade, a distância é a mesma para todos os pontos de parada. Considerando uma velocidade de 40km/h que é a recomendada para vias coletoras e sem superelevação, a DVP de acordo com o DNER (1999) é de 45m. A distancia entre o ponto 5 e 6 é de 44m e entre 14 e 15 é de 40m, logo as distancias estão dentro dessa DVP.

Ensaio de Mancha de Areia

A realização do ensaio de Mancha de Areia, seguiu as especificações da norma ASTM E 956-95 (2001). Primeiro, uma amostra de areia foi adquirida e passada pelos procedimentos de lavagem e



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

www.rapvenacor.com.br



secagem em estufa no Laboratório de Mecânica dos Solos e Estradas da UFERSA/Caraúbas. Em seguida, o material passou por peneiramento, separando os grãos passantes pela peneira N°50 (abertura de 0,297 mm) e os retidos na peneira N°100 (abertura de 0,149 mm), para poder dar prosseguimento ao estudo. A Figura 5a apresenta a via Leovegildo Fernandes Pimenta e a 5b os materiais utilizados durante a execução do ensaio de Mancha de Areia em campo.



(a)



(b)

Figura 5: a) Rua Leovegildo Fernandes Pimenta (autores, 2023). b) Materiais utilizados para o ensaio de Mancha de Areia (Rodrigues, 2022)

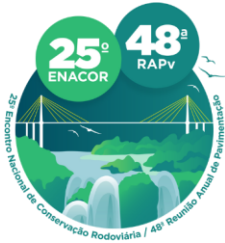
Estudo de Tráfego

Um ponto de análise foi escolhido na rua Leovegildo Fernandes Pimenta e, em seguida, durante uma (1) hora, realizou-se um estudo de contagem de tráfego. A contagem foi feita separadamente para veículos leves e pesados. Para estimar o tráfego diário de forma simples, devido à baixa demanda durante o horário da madrugada, decidiu-se multiplicar a contagem horária por um fator de 12, seguindo a abordagem adotada por Oliveira (2018).

A classificação da via foi realizada utilizando a Tabela 2, obtida da instrução para dimensionamento de pavimentos flexíveis, número 02, do estado de São Paulo. Nela é apresentada a classificação de veículos conforme as seguintes categorias: veículos leves, onde estão incluídos veículos de passeio em geral, e veículos pesados, que englobam caminhões, ônibus, micro-ônibus e outros veículos similares.

Tabela 2: Classificação funcional das vias a partir do fluxo diário (Adaptado de Prefeitura de São Paulo, 2004)

Função predominante	Volume diário	
	Veículo Leve	Veículo Pesado
Via local residencial	100 à 400	4 à 20
Via coletora	401 à 5000	21 à 300
Via arterial	5001 à 10000	301 à 2000



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

www.rapvenacor.com.br



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Trilha de Roda Externa

Os resultados dos ensaios de Mancha de Areia realizados na TRE, são apresentados na Figura 6.

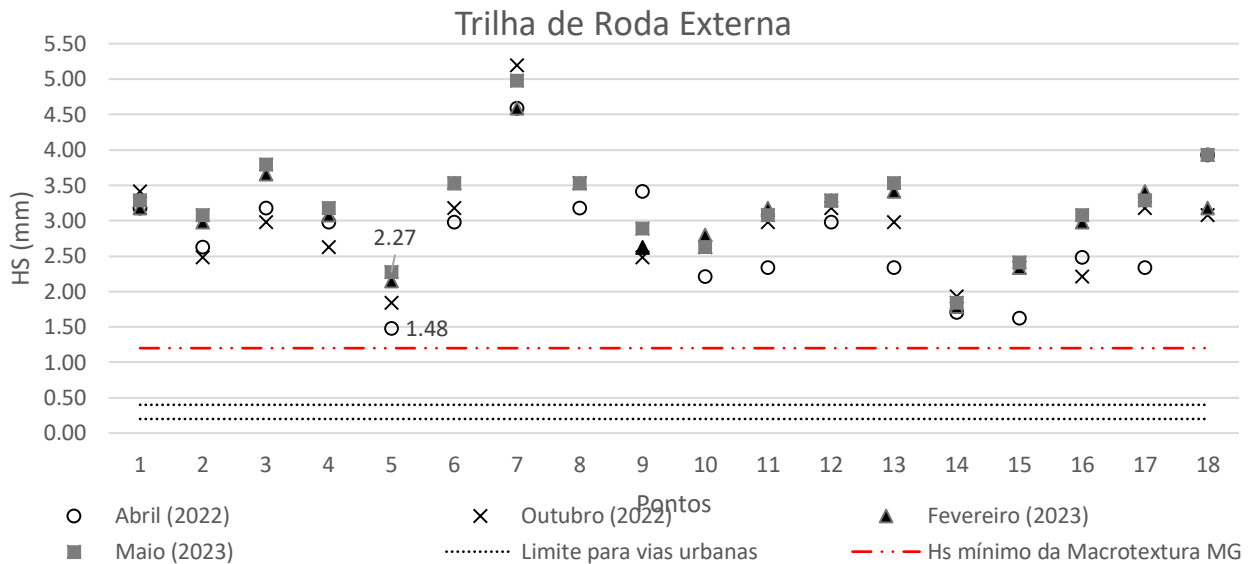


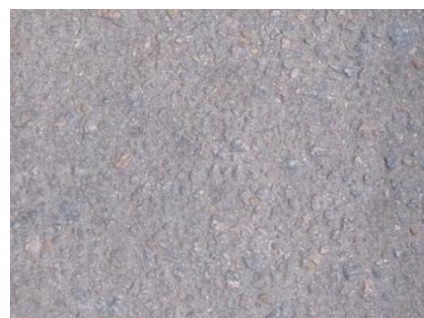
Figura 6: Representação dos valores de macrotextura na trilha de roda eixo externo

Ao analisar os dados referentes a TRE comparando os meses de abril de 2022 e maio de 2023, foi observado que dezessete (17) dos dezoito (18) pontos aumentaram o valor da macrotextura, sendo esse aumento na média de 0,45mm. No entanto, esse aumento não foi suficiente para alterar a classificação, uma vez que os valores de H_s se mantiveram na faixa de Muito Grosseiros (MG), além disso, todos pontos se encontram fora dos limites estabelecidos para vias urbanas.

É importante observar os dados do ponto 5, que na primeira análise apresentou o menor valor de H_s (1,48), em maio de 2023 esse valor foi dobrado tendo um aumento de 53,37%, sendo bem maior que a média de aumento desse trecho que foi de 8,35%. Uma hipótese para tal resultado é o fato desse ponto estar dentro da DVP do ponto 6 (lombada), fazendo com que o veículo possivelmente comece a frear nesse local e por isso foi o ponto onde o desgaste no pavimento nesse período foi mais expressivo, como apresenta a Figura 7a e 7b.

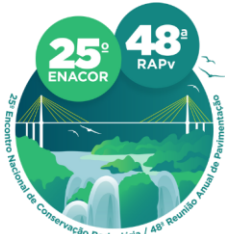


(a)



(b)

Figura 7: a) Ponto 5 no mês de abril de 2022. b) Ponto 5 no mês de maio de 2023



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

www.rapvenacor.com.br



Vale ressaltar que os valores encontrados de macrotextura na TRE da via avaliada não atendem aos critérios estabelecidos na Tabela 1 para vias urbanas, onde os valores deveriam estar no intervalo de 0,20 a 0,40mm como representado na figura 6. Esses valores se encontram superiores a 1,20mm que de acordo com os limites de aplicação, é indicado para vias de trânsito rápido onde as velocidades permitidas são maiores que 120km/h. Logo, a via está com textura adequada para altas velocidades, e quando se trata de vias urbanas não é o indicado sob o ponto de vista da segurança viária, pois o motorista pode se sentir confortável em dirigir sob velocidades mais altas que a permitida na via e consequentemente pode causar acidentes.

Trilha de Roda Interna

Os resultados dos ensaios de Mancha de Areia realizados na TRI, são apresentados na Figura 8.

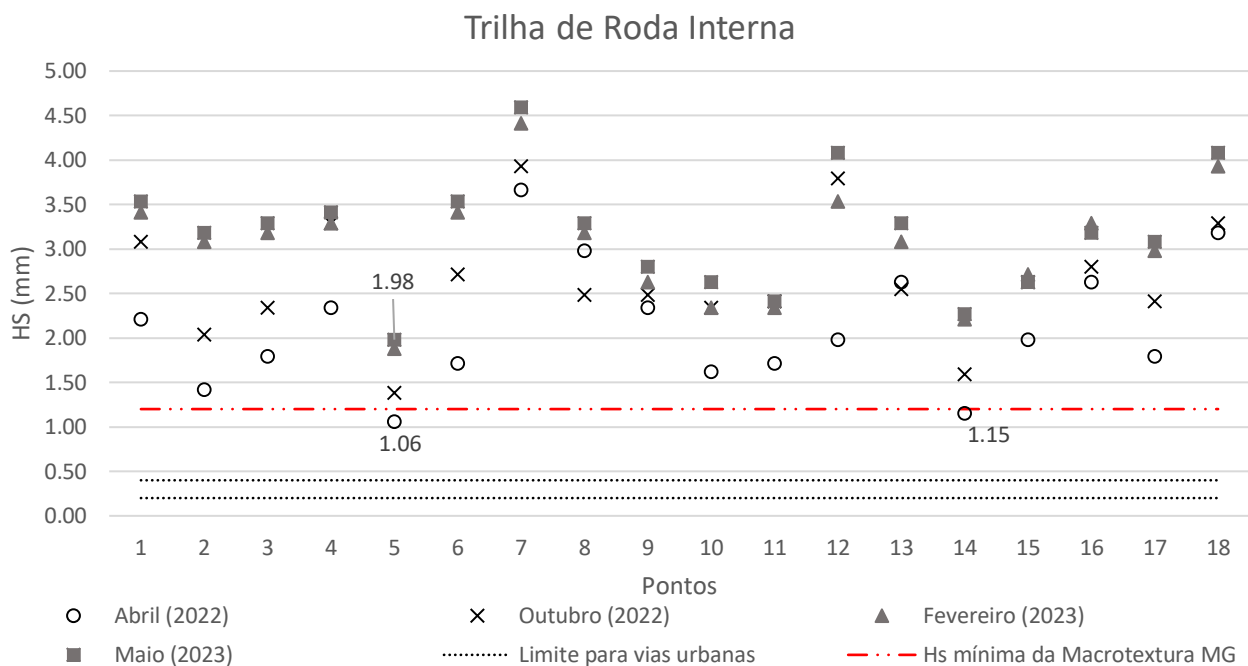
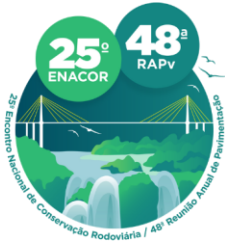


Figura 8: Representação dos valores de macrotextura na trilha de roda eixo interno

Ao analisar os resultados apresentados na Figura 8, constatou-se que nos ensaios realizadas entre os meses de abril de 2022 e maio de 2023, houve um aumento nos valores da macrotextura em 100% dos pontos, sendo esse aumento médio da macrotextura de 1,06mm. No entanto, somente nos pontos 5 e 14 houve mudanças de classificação, deixando de ser classificado como Grosseiro (G), passando para MG até maio de 2023. A hipótese para esse aumento na classificação da macrotextura pode estar relacionado ao fato desses pontos estarem na zona de frenagem dos obstáculos na frente deles (lombada no ponto 6 e cruzamento no ponto 15). Logo, são locais onde o veículo de fato começa a frear e consequentemente a TRI e a TRE estão sendo mais afetadas.

De maneira geral, analisando as figuras 7 e 8, é constatado que na maioria dos pontos, o trecho externo da via obteve uma condição superficial mais aberta que a interna, dentre algumas hipóteses para esse resultado pode-se destacar o fato de alguns motoristas e ciclistas terem o costume de trafegar pelo lado externo da via, podendo ter alterado a condição da superfície em relação a TRI (eixo da pista).



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

www.rapvenacor.com.br



Ademais, outros fatores que podem ter influenciado os valores de macrotextura na TRE são as intempéries e o acúmulo de água em dias chuvosos. Pesquisa feita por Bandeira e Ferreira (2018), também visualizaram tal condição, onde a Trilha de Roda Interna se encontrava menos desgastada que a Trilha de Roda Externa, e também justificaram devido ao fato de ciclistas e motociclistas preferirem trafegar pelo lado externo da via.

Além disso, foi observado que na TRI, a variação no valor da macrotextura foi bem superior que na TRE|. Enquanto a TRE aumentou 8,35%, na TRI o aumento foi de 39,2% ao longo dos 13 meses de estudo. Uma hipótese para essa variação ter sido menor na Trilha de Roda Interna da via, é que ela já se encontrava bem mais deteriorada desde a primeira análise com condição de macrotextura já bem estabelecida e considerada MG. Enquanto a TRI sofreu maior impacto ao longo do tempo de análise até mesmo pelas condições do tráfego.

Evolução do Tráfego na Via

Outra variável que pode influenciar esse incremento na macrotextura é o acréscimo de fluxo na via ao longo dos anos. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022), fornece o cronograma sobre a quantidade de automóveis no município de Caraúbas. Nos últimos 5 anos houve um crescimento de 13% na quantidade desses veículos no município. Além disso, a quantidade de motocicletas e motonetas representam 56,35% da frota, podendo ser esse um dos fatores que influenciam a macrotextura na TRE estar mais aberta que na TRI, uma vez que os condutores desses veículos podem optar por trafegar mais por esse lado da via.

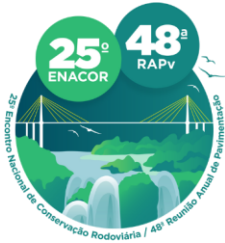
Em apoio a esse aumento na quantidade de veículos do município relatado pelo IBGE, foi feita uma análise para evidenciar o tráfego na rua Leovegildo Fernandes Pimenta (Tabela 3), a qual é o objeto de estudo deste trabalho. Além disso, foram utilizados dados de Oliveira (2018) e Silva (2022) que também fizeram essa análise nos respectivos anos na mesma via.

Tabela 3: Tráfego de veículos leves e pesados na via (Oliveira, 2018, Silva, 2022 e autores, 2023)

	Volume diário (veículos/dia)		
	Oliveira (2018)	Silva (2022)	Autores (2023)
Veículos Leves	780	1296	1368
Veículos Pesados	84	120	108

Ao analisar a Tabela 3, é perceptível que entre os anos de 2018 e 2023, quando somados os veículos leves e pesados, houve um considerável incremento total de 70,8% no tráfego nessa via durante esses 5 anos. Tendo em vista que não houve mudança de revestimento nesse intervalo de tempo, esse resultado demonstra que além do desgaste natural ocorrente no pavimento, o aumento na frota de veículos e o conseqüente aumento do fluxo de tráfego na via são fatores adicionais que corroboram com o agravamento do desgaste superficial do pavimento na mesma.

Fazendo uma comparação do início do estudo em 2022 com o ano de 2023, constatou-se um aumento de tráfego na via de apenas 4,23%. Esse valor é inferior à média anual de crescimento registrada entre 2018 e 2022, que é de 12,77%. Essa diferença reforça os resultados que indicam a baixa variação nos



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

www.rapvenacor.com.br



valores de H_s , principalmente na TRE durante esse período. Isso pode ser uma consequência direta do pequeno crescimento percentual de tráfego na via no último ano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo avaliou a macrotextura de uma via urbana através do ensaio de Mancha de Areia realizado na cidade de Caraúbas, no Rio Grande do Norte. Foram realizados quatro (4) análises nos mesmos dezoito pontos entre os meses de abril de 2022 e maio de 2023 a fim de avaliar a condição superficial no decorrer do tempo. Esses ensaios foram conduzidos em diferentes pontos considerados críticos, como nas proximidades de cruzamentos, lombadas e faixas de pedestres, onde ações de frenagem e aceleração podem impactar a condição pontual do pavimento. Essa abordagem permitiu avaliar de forma abrangente a influência desses fatores na superfície do pavimento, visando melhorias na segurança e qualidade das vias urbanas.

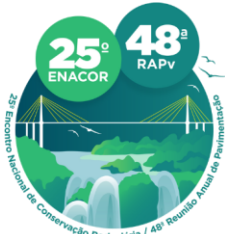
No trecho avaliado, observou-se que 97% dos pontos estudados tanto na TRI, quanto na TRE tiveram um aumento de macrotextura durante esse tempo. Inclusive, em dois (2) pontos, houve mudança de classificação saindo de Grosseira (G) para Muito Grosseira (MG), possivelmente explicado devido a esses pontos estarem dentro da distância de visibilidade de parada, por isso o desgaste mais expressivo, consequentemente causando a mudança de classificação.

Além desses resultados, foi notado que a TRI apresentou a maior variação entre a primeira e última coleta, possivelmente devido ao fato de a TRE já apresentar uma macrotextura mais aberta, isto é, a última na escala, resultando em uma possibilidade de variação menor. Essa diferença de valores entre a TRI e TRE pode ser explicada também pela dinâmica do tráfego visto que ciclistas e motociclistas usam apenas uma trilha, além do acúmulo de água, sujeira e outros materiais parte externa da pista. Ademais, outra hipótese para esse resultado é o fato de no último ano a média de crescimento de tráfego na via estudada ter sido menor quando comparado com anos anteriores, resultando assim um menor desgaste nesse período.

Portanto, com base nesses resultados, é identificado claramente que a macrotextura do pavimento ao longo do tempo se deteriora, em consequência de diversos fatores, como o aumento na frota de veículos que resulta num maior tráfego, intempéries, sujeiras e outros. Logo, a restauração da camada superficial, principalmente em locais próximos a DVP pode ser uma alternativa para reestabelecer melhores condições de macrotextura e consequentemente uma maior segurança na via. Além disso, uma melhor sinalização horizontal e vertical na rua é necessária para aumentar a segurança e proporcionar informações claras aos condutores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APS, M. (2006). *Classificação da Aderência Pneu-Pavimento pelo Índice Combinado IFI – International Friction Index para Revestimentos Asfálticos*. 179f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- BANDEIRA, M. D. O.; FERREIRA, W. L. G. (2018). *Avaliação da macrotextura na rodovia RN-233*. 21ª RPU – Reunião de Pavimentação Urbana. São Paulo.
- BERNUCCI, L. B. et al. (2022). *Pavimentação Asfáltica. Formação Básica para Engenheiros*. Petrobrás. Abeda. Rio de Janeiro, RJ. 2ª edição, 2022.750 p.: il. ISBN: 978-85-69658-02-3
- BEZERRA FILHO, C. I. F.; OLIVEIRA, F. H. L. (2013). *Análise da correlação entre a macrotextura e o coeficiente de atrito em pavimentos aeroportuários*. In: XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Belém: [s.n.], 2013. p. 11.



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

www.rapvenacor.com.br



- BITELLI, G. A. SIMONE, F. GIRARDI AND C. LANTIERI. (2012). *Laser scanning on road pavements: A new approach for characterizing surface texture*. Sensors 12 (7):9110–9128. doi: 10.3390/s120709110
- BRASIL. (1997) *Código de Trânsito Brasileiro – CTB*. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, Brasília.
- COSTA, S. L. (2017) *Influência da aderência Pneu-Pavimento nos conflitos veiculares microssimulados*. (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.
- DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO – DETRAN/RN. (2019). *Relatório estatístico das vítimas fatais de acidentes de trânsito, no Rio Grande do Norte, no ano de 2019*. Natal.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM – DNER. (1999). *Manual de projeto geométrico de rodovias rurais*. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. (2006). *Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos*. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2006, 310p. (IPR. Publ. 720)
- FERREIRA, R. T. L.; GUERRA, K. B. F.; MOURA, C. A. M. *Avaliação da drenabilidade de pavimentos asfálticos em Barra do Garças, Mato Grosso, Brasil*. Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo, v. 7, n. 1, p. 150-163, janeiro-junho 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (2022). *Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2022*. Rio de Janeiro.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (2022). *Frota de Veículos do município de Caraúbas/RN*. Rio de Janeiro.
- MAIA, R. S.; CASTELO BRANCO, V. T. *Consideração do desempenho da segurança viária na concepção de revestimentos asfálticos a partir da microssimulação de tráfego e do processamento digital de imagens*. 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET. Balneário Camboriú.
- OLIVEIRA, F. A. D. (2018). *Desenvolvimento de um plano de manutenção e reabilitação das vias da cidade de Caraúbas/RN*. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Caraúbas, RN.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. (2021). *Resolução 74/299*.
- PEDER, M. A. (2017). *Avaliação da macrotextura do pavimento asfáltico em um trecho de rodovia localizada no noroeste do estado do Paraná*. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Campo Mourão, PR.
- PREFEITURA DE SÃO PAULO. (2004). *IP - 02 - Classificação das Vias*. São Paulo, SP.
- QUARIGUASI, J. B. F. (2020). *Previsão do coeficiente de atrito em pista de pouso e decolagem Utilizando redes neurais artificiais*. (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.
- SILVA, P. R. (2022). *Avaliação das alternativas de pavimentos utilizados na zona urbana da cidade de Caraúbas-RN*. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Caraúbas, RN.