

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes**

**Bernardo de Brito Pereira**

**MÉTODO DE ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA TIPO SMA COM  
ÊNFASE NO PARÂMETRO PNEU-PAVIMENTO - ESTUDO DE CASO NA AVENIDA  
DO CONTORNO EM BELO HORIZONTE/MG BRASIL**

**Belo Horizonte**

**2024**

Bernardo de Brito Pereira

**MÉTODO DE ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA TIPO SMA COM  
ÊNFASE NO PARÂMETRO PNEU-PAVIMENTO - ESTUDO DE CASO NA AVENIDA  
DO CONTORNO EM BELO HORIZONTE/MG BRASIL**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geotecnia e Transportes.

Área de concentração: Transportes

Orientador: Marcelo Franco Porto

Coorientador: Ronderson Queiroz Hilário

Belo Horizonte

2024

P436m

Pereira, Bernardo de Brito.

Método de análise da aplicação da mistura asfáltica tipo SMA com ênfase no parâmetro pneu-pavimento - estudo de caso na avenida do Contorno em Belo Horizonte/MG Brasil [recurso eletrônico] / Bernardo de Brito Pereira. - 2024.

1 recurso online (108 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Marcelo Franco Porto

Coorientador: Ronderson Queiroz Hilário.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Apêndices: f. 100-108

Bibliografia: f. 94-99.

1. Transportes - Teses. 2. Aderência - Teses. 3. Pavimentos de asfalto - Teses. 4. Segurança de trânsito - Teses. 5. Acidentes de trânsito - Belo Horizonte (MG) - Teses. I. Porto, Marcelo Franco. II. Hilário, Ronderson Queiroz. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 656(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE MESTRADO EM GEOTECNIA E TRANSPORTES

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**MÉTODO DE ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA TIPO SMA COM ÊNFASE NO PARÂMETRO PNEU-PAVIMENTO - ESTUDO DE CASO NA AVENIDA DO CONTORNO EM BELO HORIZONTE/MG BRASIL.**

**BERNARDO DE BRITO PEREIRA**

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOTECNIA E TRANSPORTES, como requisito para obtenção do grau de Mestre em GEOTECNIA E TRANSPORTES, área de concentração TRANSPORTES. Aprovada em 25 de abril de 2024, pela banca constituída pelos membros:

Prof. Marcelo Franco Porto - Orientador (UFMG)  
Prof. Ronderson Queiroz Hilário - Coorientador (UFMG)  
Prof.ª Jisela Aparecida Santanna Greco (UFMG)  
Prof. Thiago Bomjardim Porto (CEFET-MG)

Belo Horizonte, 25 de abril de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Bomjardim Porto, Usuário Externo**, em 26/04/2024, às 10:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ronderson Queiroz Hilario, Chefe de departamento**, em 26/04/2024, às 11:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jisela Aparecida Santanna Greco, Professora do Magistério Superior**, em 26/04/2024, às 11:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Franco Porto, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 02/05/2024, às 21:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_externo=0), informando o código verificador **3191117** e o código CRC **E55E87D6**.

*Antes de tudo, agradeço a Deus por me proporcionar esta etapa valiosa de evolução profissional e pessoal.*

*Dedico este trabalho acadêmico a toda minha Família, em especial aos meus pais, Ronaldo Luiz Pereira e Marta Carvalho de Brito Pereira, que sempre se dedicaram extremamente para que nós, filhos, possamos alcançar os nossos objetivos. Aos meus irmãos, Diego, Felipe e Antônio Pedro, obrigado pelo companheirismo e por evoluirmos juntos.*

*Agradeço fortemente às minhas avós, Cicy e Eva (in memoriam), que sempre estiveram me fortalecendo com suas palavras e orações.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por proporcionar esta etapa de evolução em minha vida pessoal e profissional, e também por orquestrar todas as coisas em seu tempo;

Ao professor Marcelo Franco Porto, por todo seu acompanhamento como meu orientador e dedicação na construção desta pesquisa, e também por compartilhar seu conhecimento exponencial nas disciplinas lecionadas e nas reuniões na UFMG;

Ao professor Ronderson Hilário, por fazer parte do desenvolvimento desta pesquisa e pelas orientações construtivas ao longo desse período do mestrado;

À professora Jisela Greco, por seus depoimentos construtivos e sábios desde a primeira banca de avaliação da disciplina seminários 1, banca de qualificação, e por fazer parte da banca final;

Agradeço ao Eng° Maurício Cangussú (Sudecap) e ao Eng° Rafael (BHTrans), pela disponibilidade e conhecimento, que complementaram muito bem a pesquisa;

E, por fim, aos motoristas dos coletivos da viação Sandra, que dispuseram um tempo precioso para responder ao questionário, etapa fundamental para os resultados identificados nesta pesquisa.

Obrigado a todos!

“Eu não tenho ídolos. Tenho admiração por trabalho, dedicação e competência.” (Ayrton Senna, citado em Revista Veja, edição especial 1338-A, 3 de maio de 1994).

## RESUMO

A aderência pneu-pavimento é um parâmetro de grande importância para a avaliação do comportamento superficial do revestimento asfáltico. O presente trabalho correlacionou os parâmetros de macrotextura e microtextura do revestimento SMA (*Stone Matrix Asphalt*), obtidos dos ensaios de mancha de areia e pêndulo britânico, realizados na Avenida do Contorno, em Belo Horizonte. Analisou-se, também, os dados de sinistros de trânsito ocorridos antes e após a execução do revestimento asfáltico tipo SMA, e da tendência de ocorrências de sinistros utilizando gráfico de regressão linear. Para complementar, foi aplicado o questionário de caráter qualitativo e quantitativo aos motoristas de coletivos da BHTRANS. O método ADSR (*Action Design Science Research*), aplicado na pesquisa, proporcionou a integração dos objetivos desejados, no sentido de identificar percepções de melhoria na segurança viária no trecho de estudo. Na análise da correlação pelo método Pearson, entre as variáveis de macrotextura e microtextura, identificou-se uma relação de baixa intensidade e positiva, corroborando com as pesquisas publicadas na academia. Na sequência, encontrou-se que a média anual de sinistros de trânsito foi 36% menor após a implantação do revestimento SMA, enquanto isso, o número de veículos automotores na cidade de Belo Horizonte cresceu aproximadamente 81% entre os anos de 2011 e 2022. No desenvolvimento do gráfico de regressão linear identificou-se que a expectativa dos sinistros de trânsito é de queda ao longo dos anos, e em 2025 a expectativa de sinistros é de 50% menor, comparado ao período pré-revestimento SMA. Na etapa de evolução do artefato, o questionário aplicado demonstrou que 89% dos motoristas entrevistados afirmaram que a aplicação do SMA trouxe ganhos na segurança durante a condução do veículo em períodos de seca e principalmente em dias chuvosos. Compreende-se que a utilização do artefato da pesquisa foi eficaz por apresentar resultados satisfatórios e construtivos quanto aos benefícios de utilizarem revestimentos asfálticos que promovem mais aderência entre pneu-pavimento.

Palavras-chave: aderência pneu-pavimento; macrotextura; microtextura; SMA; ADSR; correlação; sinistros de trânsito; segurança viária.

## **ABSTRACT**

Tire-pavement adhesion is a parameter of great importance for evaluating the surface behavior of the asphalt coating. The present work correlated the macrotexture and microtexture parameters of the SMA (Stone Matrix Asphalt) coating obtained from the sand stain and British pendulum tests carried out on Avenida do Contorno in Belo Horizonte. Data on traffic accidents that occurred before and after the execution of the SMA-type asphalt coating, and the trend of accident occurrences were also analyzed using a linear regression graph. To complement this, a qualitative and quantitative questionnaire was applied to BHTRANS bus drivers. The ADSR (Action Design Science Research) method applied in the research provided the integration of the desired objectives, in order to identify perceptions of improvement in road safety in the study section. In the correlation analysis using the Pearson method between the macrotexture and microtexture variables, a low intensity and positive relationship was identified, corroborating research published in academia. Subsequently, it was found that the annual average of traffic accidents was 36% lower after the implementation of the SMA coating, meanwhile, the number of motor vehicles in the city of Belo Horizonte grew by approximately 81% between the years 2011 and 2022. When developing the linear regression graph, it was identified that the expectation of traffic accidents is falling over the years, and in 2025 the expectation of accidents is 50% lower compared to the pre-SMA coating period. In the artifact evolution stage, the questionnaire applied demonstrated that 89% of the drivers interviewed stated that the application of SMA brought safety gains when driving the vehicle in dry periods and especially on rainy days. It is understood that the use of the research artifact was effective, as it presented satisfactory and constructive results regarding the benefits of using asphalt coatings that promote greater adhesion between tire and pavement.

Keywords: tire-pavement grip; macrotexture; microtexture; SMA; ADSR; correlation; traffic accidents; road safety.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Segmento de Estudo – Avenida do Contorno, Belo Horizonte.....	16
Figura 2 - Vista superior de via pública.....	18
Figura 3 - Hierarquia funcional das Vias Urbanas.....	20
Figura 4 - Seção transversal estrutura de pavimento flexível.....	24
Figura 5 - Classificação de agregados pela granulometria.....	26
Figura 6 - Comparativo entre SMA e CA.....	27
Figura 7 - Comparação entre CAUQ, CPA e SMA.....	29
Figura 8 - SMA aplicado na BR 277 - Paraná.....	29
Figura 9 - Macrotextura e microtextura em pavimentos.....	30
Figura 10 - Equipamentos e materiais para realização do ensaio Mancha de Areia.....	33
Figura 11 - Operação do pêndulo britânico para identificação do valor de resistência à derrapagem.....	35
Figura 12 - Correlação entre a frequência de sinistros em pista molhada com parâmetros de macrotextura e microtextura.....	36
Figura 13 - Performance da macrotextura e microtextura em função do tipo de revestimento asfáltico.....	37
Figura 14 - Classificação dos valores do coeficiente de Pearson.....	38
Figura 15 - Estudo correlação macroestrutura x microestrutura.....	42
Figura 16 - Segmento rodoviário de estudo.....	43
Figura 17 - Estágios do método ADSR ( <i>Action Design Science Research</i> ).....	46
Figura 18 - Fluxograma metodológico da pesquisa.....	48
Figura 19 - Gráfico de dispersão no Exce.....	51
Figura 20 - Linha de tendência no Excel.....	52
Figura 21 - Sequência para desenvolvimento da equação do gráfico e valor de R no Excel.....	53
Figura 22 - Sequência para desenvolvimento da equação do gráfico e valor de R no Excel.....	53
Figura 23 - Equação do gráfico e valor de R resultantes.....	54
Figura 24 - Questionário a ser aplicado aos usuários da via de estudo.....	56
Figura 25 - Framework da pesquisa.....	60

Figura 26 - Planta baixa Avenida do Contorno.....	61
Figura 27 - Perfil longitudinal Avenida do Contorno.....	62
Figura 28 - Distribuição granulométrica de agregados – Mistura asfáltica tipo SMA.....	63
Figura 29 - Operação de fresagem Avenida do Contorno.....	64
Figura 30 - Aplicação de pintura de ligação RR-1C.....	65
Figura 31 - Compactação em pista – Mistura tipo SMA.....	65
Figura 32 - Referência dos ensaios de Macrotextura e Microtextura.....	66
Figura 33 - Ensaio de mancha de areia.....	67
Figura 34 - Ensaio Pêndulo Britânico.....	68
Figura 35 - Regressão linear ensaio.....	73
Figura 36 - Regressão linear ensaio 2.....	74
Figura 37 - Regressão linear ensaio 3.....	74
Figura 38 - Regressão linear ensaio.....	74
Figura 39 - Regressão linear ensaio 5.....	75
Figura 40 - Regressão linear ensaio 6.....	75
Figura 41 - Regressão linear ensaio 7.....	76
Figura 42 - Regressão linear ensaio 8 . .....	76
Figura 43 - Correlação macrotextura x microtextura.....	78
Figura 44 - Correlação dos dados da rampa 1.....	79
Figura 45 – Correlação dos dados da rampa .....	80
Figura 46 - Sequência para coleta de ocorrências de sinistros.....	81
Figura 47 - Gráfico tendência linear para sinistro de trânsito.....	84
Figura 48 - Análise de respostas do questionário.....	87
Figura 49 - Análise de respostas do questionário.....	88

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Hierarquia funcional das vias.....	19
Tabela 2 - Classificação da textura do revestimento asfáltico em relação ao comprimento da onda.....	31
Tabela 3 - Classificação Macrotextura .....	34
Tabela 4 - Classificação Microtextura .....	35
Tabela 5 - Trabalhos Correlatos.....	39
Tabela 6 - Frequência de sinistros de trânsito registrados entre 2012 a 2017.....	43
Tabela 7 - Tabela exemplo de organização de dados de macrotextura e microtextura	51
Tabela 8 - Composição da mistura asfáltica tipo SMA.....	62
Tabela 9 - Características físicas do SMA.....	64
Tabela 10 - Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 01 - Pista Direita - Faixa 1....	69
Tabela 11 - Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 01- Pista Direita - Faixa 2.....	69
Tabela 12 – Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 01- Pista Direita - Faixa 3....	70
Tabela 13 – Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 01- Pista Esquerda-Faixa 1..	70
Tabela 14 – Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 01 - Pista Esquerda - Faixa 2.....	71
Tabela 15 – Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 01 - Pista Esquerda -Faixa 3.....	71
Tabela 16 – Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 02 - Pista Direita - Faixa 1....	72
Tabela 17 – Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 02 - Pista Esquerda - Faixa 1.....	72
Tabela 18 - Dados dos ensaios de textura do trecho de estudo.....	77
Tabela 19 - Dados dos ensaios de textura rampa 1.....	78
Tabela 20 – Panorama de ocorrências de sinistros de trânsito no Tobogã da Savassi.	81

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABPV	Associação Brasileira de Pavimentação
ADSR	Action Design Science Research
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
ASTM	American Society for Testing and Materials
BHTRANS	Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S/A
BPN	British Pendulum Number
CA	Concreto Asfáltico
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CAUQ	Concreto Asfáltico Usinado a Quente
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CPA	Camada Porosa de Atrito
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
RBV	Relação Betume Vazios
SCIELO	Scientific Electronic Library Online
SMA	Stone Matrix Asphalt
SUDECAP	Superintendência de Desenvolvimento da Capital
UTBWC	Ultra-Thin Bonded Wearing Course
VAM	Volume de Vazios nos Agregados Minerais
VRD	Valor de Resistência à Derrapagem

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 OBJETIVO GERAL.....	17
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>18</b>
2.1 Sistemas de vias urbanas.....	18
2.1.1 Classificação das vias.....	19
2.1.2 Projeto geométrico urbano.....	22
2.2 Pavimentos.....	23
2.3 Agregados.....	24
2.4 Revestimento asfáltico tipo SMA ( <i>Stone Matrix Asphalt</i> ).....	27
2.5 Aderência pneu-pavimento.....	30
2.6 Medidas de textura e atrito.....	32
2.7 Relação entre variáveis.....	37
2.8 Trabalhos correlatos.....	38
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>46</b>
3.1 Caracterização do local de estudo.....	50
3.2 Fonte de dados para coleta de sinistros de trânsito.....	50
3.3 Correlação entre os parâmetros de macrotextura e microtextura.....	51
3.4 Gráfico de tendência de sinistros de trânsito.....	54
3.5 Modelo de questionário a ser aplicado aos motoristas.....	55
<b>4 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>60</b>
4.1 Trecho de estudo.....	61

4.2 Implantação do revestimento tipo SMA.....	62
4.3 Ensaios de macrotextura e microtextura.....	66
4.4 Sinistros de trânsito no segmento da pesquisa .....	81
4.5 Gráfico de tendência de sinistros de trânsito .....	85
4.6 Evolução – questionário aplicado aos motoristas de coletivo urbano .....	86
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>91</b>
5.1 Sugestões para trabalhos futuros .....	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	94
APÊNDICE - Questionário Aplicado aos Motoristas de Coletivos da BHTRANS.....	100

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial de Saúde - OMS (2018), aproximadamente 1,35 milhões de pessoas morrem anualmente em sinistros de trânsito. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2020), os sinistros de trânsito no Brasil matam cerca de 45 mil pessoas por ano e deixam mais de 300 mil pessoas com lesões graves. Já as despesas envolvidas em acidentes nas rodovias custam à sociedade brasileira cerca de R\$40 bilhões de reais por ano, enquanto os acidentes nas áreas urbanas, em torno de R\$10 bilhões, sendo que o custo relativo à perda de produção responde pela maior fatia desses valores, seguido pelos custos hospitalares.

Economias de mercado emergentes de crescimento rápido tendem a gastar entre 5% e 7% de seu PIB em infraestrutura (Growth Commission, 2008). No Brasil, ao longo das duas últimas décadas, foram investidos menos de 2,5% do PIB. Os dados do grupo do Banco Mundial (2017) indicam que se 1% do PIB brasileiro for investido em infraestrutura viária, o crescimento econômico proveniente desse investimento pode variar de 1,5% a 3%, após uma década, e de 4% a 8%, após 30 anos.

A Associação Americana de Rodovias do Estado e Funcionários de Transporte - AASTHO (2010) conceitua acidente de trânsito como um conjunto de eventos resultantes em ferimentos, danos a propriedades ou mortes, devido à colisão de pelo menos um veículo motorizado, podendo ainda envolver outros veículos motorizados ou não, objetos fixos ou pedestres.

Uma das principais causas de ocorrências de sinistros de trânsito na infraestrutura viária refere-se às condições superficiais da pista na condição do atrito em situações climáticas adversas (NOYCE *et al.*, 2005). No estudo de CALIENDO *et al.* (2007), foram analisadas as ocorrências de acidentes em uma rodovia, concluindo-se que os acidentes fatais estão correlacionados à presença de chuva, principalmente em curvas. O estudo também propôs a substituição da camada de rolamento (revestimento flexível)

por uma camada que facilite a drenagem superficial, aumentando a aderência pneu/pavimento.

Segundo Geedipally (2005), a análise dos números de ocorrência de acidentes antes e após a intervenção para melhoria do atrito de pavimentos urbanos resultou na redução de 50% no número de acidentes após a troca de revestimento. Observou-se também redução no número de acidentes em rodovias de pista dupla, tanto em situações de pista seca quanto molhada, após emprego da técnica denominada *Ultra-Thin Bonded Wearing Course* (UTBWC) (LYON *et al.*,2018). Tal técnica consiste na aplicação de uma fina camada de mistura asfáltica do tipo gap-graded sobre emulsão de ligante modificado (CORLEY-LAY E MASTIN,2007).

Nodari (2003), nos estudos apresentados, mostrou reduções de 25 a 54% no número total de acidentes quando há melhoria na resistência à derrapagem, associada aos parâmetros de microtextura e de macrotextura. Considerando apenas as ocorrências de acidentes com pavimento molhado, os percentuais de redução são mais relevantes, variando de 47 a 83%. Caso haja uma melhoria de 10% na condição superficial do revestimento asfáltico (macrotextura e microtextura), a redução do número de acidentes em pistas molhadas pode chegar a 13% (KOKKALIS e OLYMPIA, 1998).

A aderência pneu-pavimento é um parâmetro de grande importância para a avaliação do comportamento superficial do revestimento asfáltico. O desenvolvimento do projeto de dosagem asfáltica, alinhado às características de rugosidade, agregados e drenagem adequadas, favorece positivamente a segurança dos usuários da via em situações de manobras desejadas e frenagens repentinas.

O presente trabalho visa, portanto, correlacionar os parâmetros de aderência pneu-pavimento, coletados por meio de ensaios tecnológicos de mancha de areia e pêndulo britânico. Esses dados foram evidenciados após a implementação do revestimento asfáltico tipo SMA (*Stone Matrix Asphalt*) na Avenida do Contorno, em Belo Horizonte. Para complementar o estudo, foram analisados os dados de sinistros de trânsito

ocorridos antes e após a execução do revestimento asfáltico tipo SMA, além da realização de um questionário de caráter qualitativo e quantitativo com os motoristas dos transportes coletivos que trafegam na via em estudo. O objetivo foi identificar se houve percepção de melhorias após a implantação do SMA no trecho da Avenida do Contorno, em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Figura 1: Segmento de estudo - Avenida do Contorno, Belo Horizonte/MG



Fonte: Acervo Fotográfico (SUDECAP, 2020)

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Ao encontro dos objetivos de redução de acidentes contemplados na campanha “Década de Ação pela Segurança do Trânsito 2021-2030”, lançada pela OMS (2021), este trabalho visa fomentar o estudo na área de infraestrutura de transportes, especificamente na análise dos parâmetros de aderência pneu-pavimento, característica fundamental para a segurança viária (NOYCE *et al.*, 2005). Segmento tão importante para redução de sinistros de trânsito, a segurança viária deve ser tratada

como política pública, com o objetivo de desenvolver melhorias na infraestrutura viária, segundo Ipea (2020).

## **1.2 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral desta pesquisa é correlacionar os parâmetros de aderência pneu-pavimento (macrotextura e microtextura) da Avenida do Contorno, na cidade de Belo Horizonte, logradouro que recebeu a implantação do revestimento asfáltico tipo SMA, em 2020. Tão importante, também, é verificar a evolução dos sinistros de trânsito no segmento desta pesquisa para concluir se a substituição do revestimento foi favorável para a melhoria da segurança viária.

## **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Análise gráfica do estudo da correlação entre os parâmetros de macrotextura (altura de Areia-HS) e microtextura (valor de resistência à derrapagem-VRD/BPN) das rampas/faixas de rolamento, por meio do método de Pearson.
- Análise das ocorrências de sinistros de trânsito entre os anos de 2011 e 2022, na Avenida do Contorno (Tobogã da Savassi).
- Elaboração do gráfico de tendência (previsão) de sinistros de trânsito de 2023 a 2025.
- Análise da pesquisa de percepção sobre a segurança viária realizada com os motoristas de coletivos que estão sob coordenação da BHTRANS.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Sistemas de vias urbanas

A via pública pode ser definida como a superfície pavimentada ou não, por onde trafegam veículos (motorizados ou não), pessoas e animais. Esses espaços se dividem entre as calçadas, a pista ou pista de rolamento, o acostamento, a ilha, os canteiros centrais e similares (Figura 2). São definidas, principalmente, por circundarem imóveis edificados em áreas urbanas.

Para Brasil (2000), na lei n° 10.098, a via pública é de propriedade do poder público e, na maioria das vezes, é obtida por intermédio de doação no processo de parcelamento do solo. Ainda assim, é necessário que os Planos Diretores se baseiam nos princípios do desenho universal, de forma a promover a acessibilidade no desenho de novas vias e na intervenção das vias já existentes.

Figura 2: Vista superior de via pública



Fonte: Brasil (2010)

### 2.1.1 Classificação das vias

Nas diversas referências bibliográficas disponíveis no meio acadêmico, a classificação mais comum utilizada pelos engenheiros de tráfego, para a hierarquização das vias urbanas, consiste na divisão em: Vias Locais, Vias Coletoras, Vias Arteriais e Vias Expressas, cada qual com suas funções e características geométricas. Entretanto, podem haver subdivisões nesta classificação, quando comparada com as vias implantadas em áreas rurais, conforme apresentado na tabela 1.

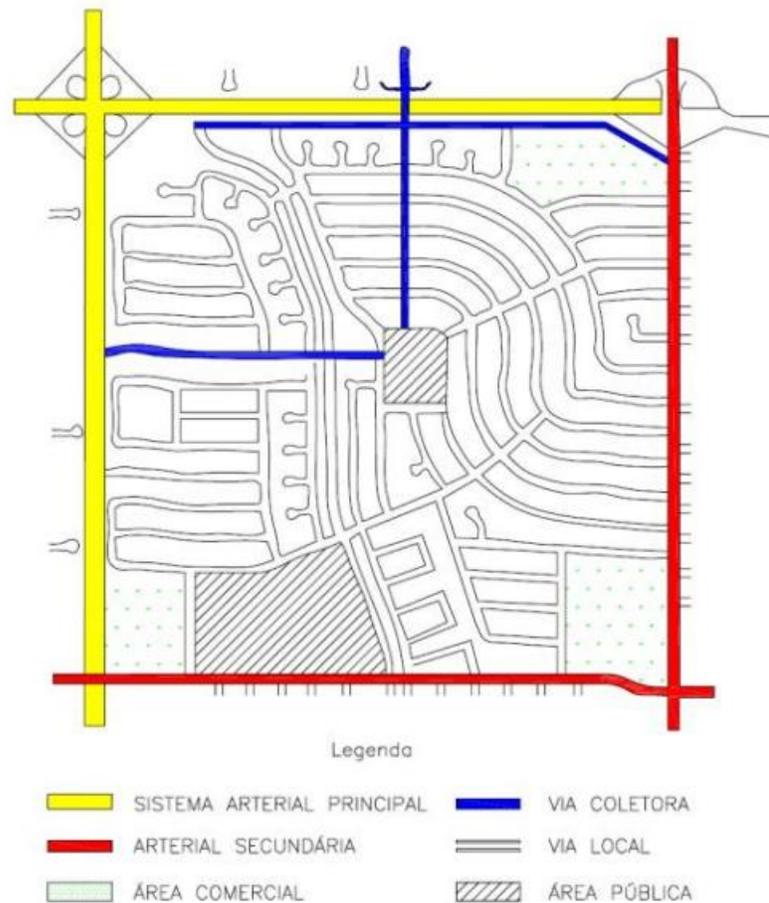
Tabela 1 : Hierarquia funcional das vias

<b>Áreas Urbanas</b>	<b>Áreas Rurais</b>
<b>Arterial</b> Sistema Arterial Principal  Sistema Arterial Secundário	<b>Arterial</b> Sistema Arterial Principal Sistema Arterial Primário Sistema Arterial Secundário
<b>Coletor</b> Sistema Coletor	<b>Coletor</b> Sistema Coletor Primário Sistema Coletor Secundário
<b>Local</b> Sistema Local	<b>Local</b> Sistema Local

Fonte: Brasil (2010)

As vias de pedestres, as vias mistas e paisagísticas podem também ser incluídas nessa classificação ou hierarquização. Entretanto, as características operacionais das vias favorecem a hierarquização do sistema viário urbano, conforme Figura 3. Este processo de hierarquização viária resulta em mudanças geométricas e físicas para atender com precisão a funcionalidade específica de cada via, influenciando a circulação de veículos, pedestres e bicicletas, conforme parâmetros e regras pré-estabelecidas na etapa de projeto (COELHO, 2012).

Figura 3: Hierarquia funcional das vias urbanas



Fonte: Brasil (2010)

- Vias Locais – Vias de tráfego de caráter essencialmente local, cuja finalidade é o acesso às propriedades situadas ao longo da via. O volume de tráfego tem menor influência no dimensionamento dessas vias, garantindo mais espaço para a circulação de pedestres e uma menor demanda por estacionamento. A velocidade máxima desejável é de 30km/h, e o tráfego de passagem deve ser desencorajado. Em alguns bairros residenciais de cidades antigas, pode haver uma carência maior de vagas de estacionamento nas vias locais, uma vez que não era comum a previsão de vagas nas edificações.

Para Brasil (2010, p.49-50), o sistema coletor tem a função principal de interligar as ruas locais com as vias arteriais, predominando baixas velocidades. Diferentemente do

sistema arterial, a via coletora pode penetrar nas vizinhanças residenciais, distribuindo o tráfego das vias arteriais, através da área, até seus destinos finais. O sistema coletor, portanto, coleta o tráfego das vias locais das áreas residenciais e o conduz ao sistema arterial. Além disso, a via coletora deve favorecer o acesso às residências adjacentes que não forem atendidas por vias locais. Vias situadas no centro da cidade, com grande volume de tráfego, e em outras áreas de desenvolvimento e densidade de tráfego semelhante podem ser incluídas no sistema. O Sistema Coletor também pode atender a trechos coletores/distribuidores de itinerários de ônibus e ter áreas de estacionamento em um ou ambos os lados da via. As interseções com outras vias devem ser controladas por semáforos ou sinais de parada obrigatória na via local que interceptar ou, no caso de interseção com outra coletora, na via de menor tráfego.

As Vias arteriais interconectam as vias coletoras, absorvendo grande parte do tráfego de passagem, atendendo principalmente às viagens de média distância entre regiões geradoras de viagens. O volume de tráfego é pesado e composto por vários tipos de veículos, o que influencia significativamente no dimensionamento dessas vias, por garantir mais espaço para a circulação do fluxo viário, não sendo permitido o estacionamento ao longo da via, a não ser em baias ou recuos da calçada. A velocidade máxima desejável é de 70km/h. Em áreas urbanas consolidadas, o uso do solo lindeiro das vias arteriais é caracterizado por grande número de estabelecimentos comerciais e de serviços que geram um grande fluxo de ônibus e automóveis, ao que se associa o trânsito de pedestres e bicicletas.

Para AASHTO (2001), as vias expressas são conceituadas como vias arteriais que possuem um controle limitado de acesso, e seu objetivo é promover altos níveis de segurança e eficiência na movimentação de fluxos de veículos a altas velocidades. Com esse acesso limitado, a preferência é destinada ao tráfego próprio, o que proporciona acessos conectados em algumas vias públicas determinadas e restringe as interseções e outras conexões ao longo do percurso.

### **2.1.2 Projeto geométrico urbano**

Para Brasil (2010), a elaboração do projeto geométrico urbano deve ser baseada nas seguintes etapas de desenvolvimento:

- Classificação da via e sua hierarquização;
- Definição do veículo de projeto;
- Estudo de tráfego e tendências de evolução;
- Velocidade diretriz da via a ser implantada;
- Distância de visibilidade;
- Alinhamento horizontal;
- Alinhamento vertical.

As características dos veículos que irão trafegar na via projetada possuem importância no desenvolvimento de outras etapas do projeto geométrico da via, como: o comprimento do veículo é parâmetro para o dimensionamento do canteiro central e as dimensões de estacionamentos; o peso bruto dos veículos e as configurações de eixos influenciam no dimensionamento do pavimento (BRASIL, 2010).

Brasil (2010) também argumenta que a velocidade diretriz adotada para o desenvolvimento do projeto geométrico é a velocidade que deve ser compatível com as características topográficas para que o trecho seja percorrido com segurança e em condições desejadas para o conforto do usuário, mesmo com a superfície do pavimento molhado. Outros fatores relacionados à adoção da velocidade diretriz incluem a compatibilização com o meio ambiente, as condições econômicas, aspectos estéticos e os impactos sociais e políticos.

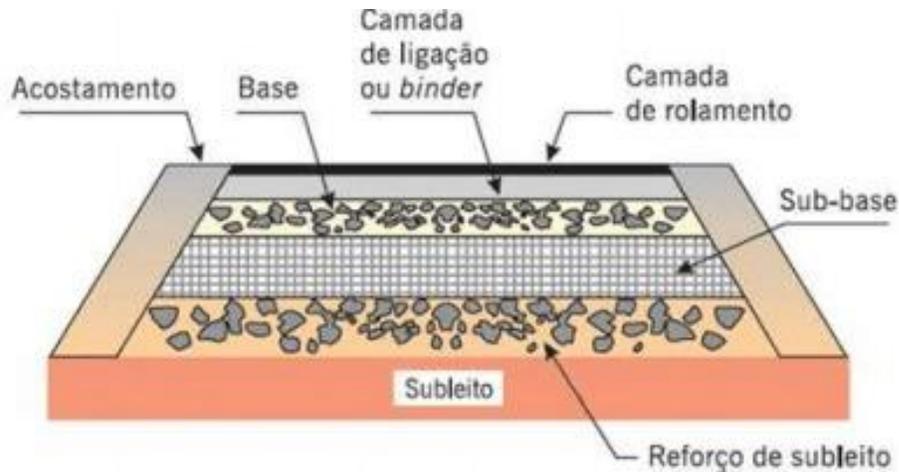
O alinhamento horizontal da via deverá ter como princípios essenciais a segurança do usuário, pois, quando o veículo percorre uma curva, ele estará sujeito à força centrífuga, a qual será equilibrada pelo coeficiente de atrito (BRASIL, 2010).

## 2.2 Pavimentos

Para Bernucci *et al.* (2007), a estrutura que constitui o pavimento é formada por camadas de materiais pétreos, asfálticos e solos sobre uma fundação: o subleito. O desempenho estrutural do pavimento irá depender da espessura, rigidez, interação das camadas e das cargas provenientes do tráfego atuantes sobre a sua superfície. A engenharia de rodovias subdivide as estruturas de pavimentos em rígidas e flexíveis, estas em geral são associadas a pavimentos asfálticos, que são compostos por camada superficial asfáltica (revestimento), apoiada sobre camadas de base, sub-base e reforço de subleito, constituídos, por sua vez, por materiais granulares, solos ou misturas de solos, sem adição de agentes cimentantes. Dependendo das solicitações da estrutura algumas camadas podem vir a ser desnecessárias e, assim, excluídas. O conforto e a segurança do trânsito são garantidos pela função estrutural e funcional das camadas que constituem o pavimento. A eficiência que o conjunto das inúmeras camadas usufrui para reagir às ações climáticas e aos carregamentos aplicados pelos veículos, sem sofrer deteriorações que coloque em risco a serventia do pavimento, está ligada à função estrutural. As características de conforto e segurança da superfície da camada deteriorada do pavimento estão associadas com o papel funcional do pavimento (FRANCISCO, 2012).

No desenvolvimento desta pesquisa será estudado o pavimento flexível, que é constituído por revestimento asfáltico sobre camada de base granular ou sobre camada de base de solo estabilizado granulometricamente. Os esforços do tráfego são absorvidos pelas distintas camadas constituintes da estrutura do pavimento (BALBO, 2011). Na Figura 4, é apresentado a composição das camadas de um pavimento flexível.

Figura 4: Seção transversal estrutura de pavimento flexível



Fonte: Bernucci *et al.* (2007)

As ocorrências de sinistros de trânsito raramente são influenciadas somente pelas características de um revestimento (FERREIRA, 2002). Os sinistros são resultados da combinação de diversos fatores ou circunstâncias desfavoráveis, tais como: condições do veículo, condição da pista e do motorista. Entretanto, é possível obter dados de pesquisas que demonstram que, melhorando a característica de textura do revestimento asfáltico, pode-se reduzir a intensidade de gravidade do sinistro de trânsito e até mesmo evitar o acontecimento.

O comportamento da superfície de uma via, sob aspecto de aderência, pode ser descrito pela textura de revestimento do pavimento (FERREIRA, 2002). Alguns autores afirmam que a textura possui uma importante influência no atrito pneu-pavimento a altas velocidades e em pistas molhadas, demonstrando haver correlação entre a textura do revestimento e os índices de derrapagem (MEURER, 2001 *apud* FERREIRA, 2002).

### 2.3 Agregados

Para Balbo (2007), os agregados podem ser entendidos como conjuntos de grãos minerais, dentro de determinados limites de dimensões, naturais ou artificiais, britados

ou não, utilizados na construção civil, notavelmente na fabricação de argamassas, concreto asfálticos e de cimento Portland, misturas estabilizadas com ligantes etc.

Esse autor também afirma que a origem dos agregados pode ser: natural, artificial e reciclada. Os caracterizados como naturais são aqueles encontrados na crosta terrestre, resultantes de diversos processos geológicos, sendo obtidos até sua forma final com ou sem necessidade de uma série de adequações para sua utilização. Quanto aos agregados artificiais, são aqueles provenientes de rejeitos industriais, particularmente associados às indústrias siderúrgicas (como a escória de alto forno) e até mesmo de minerações. Por último, os agregados reciclados são oriundos de entulhos de demolição e de construção, bem como de fresagem de pavimentos asfálticos existentes.

Balbo (2007) e Bernucci *et al.* (2007) concordam que os agregados são classificados a partir do tamanho de seus grãos, sendo determinados como: gráúdo, miúdo e material de enchimento ou fíler. Eles são caracterizados da seguinte forma:

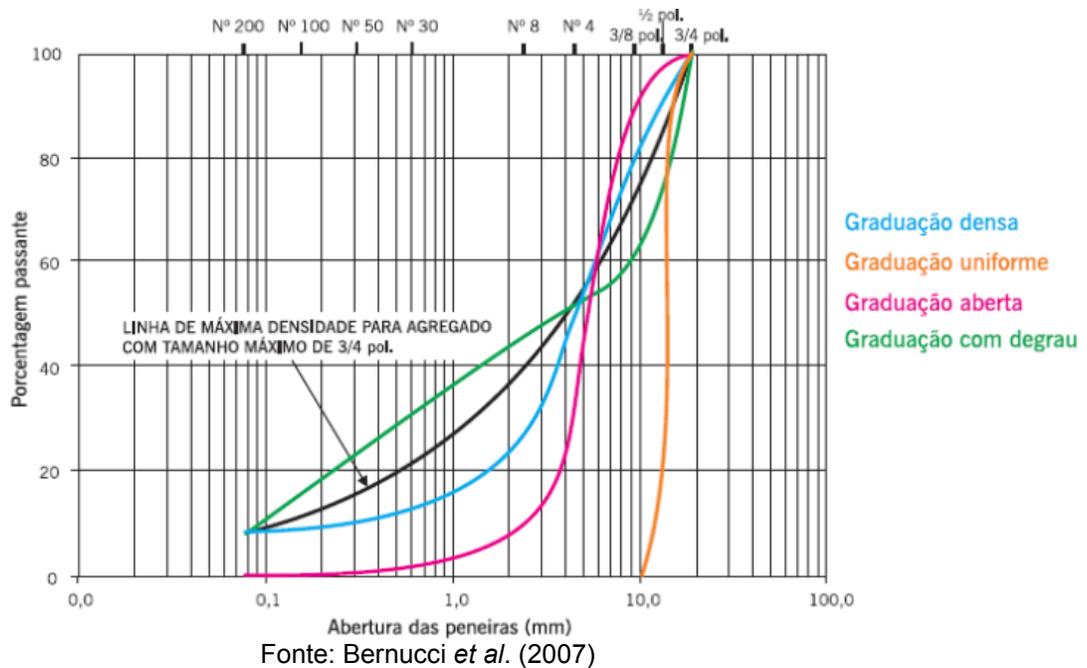
- Graúdo –material que fica retido na peneira N° 10, ou seja, com dimensões maiores do que 2,0 mm (britas, cascalhos, seixos etc.);
- Miúdo –material que passa na peneira N° 10 e fica retido na peneira N° 200, ou seja, com dimensões menores que 2,0 mm e maiores que 0,075 mm (areias, pó de pedra etc.)
- Material de enchimento (fíler) –material onde pelo menos 65% das partículas são menores que 0,075 mm, ou seja, passam na peneira N° 200 (cal hidratada, cimento Portland etc.)

Quanto à distribuição dos grãos, a classificação é determinada por sua granulometria, sendo ela densa, aberta, uniforme e descontínua (Figura 5). A curva de distribuição granulométrica dos agregados é determinada pela relação entre a percentagem

passante em uma dada peneira e o logaritmo de sua respectiva abertura (BALBO, 2007). As classificações de granulometria são caracterizadas da seguinte forma, segundo Bernucci *et al.* (2007):

- Graduação densa – também chamada de bem-graduada, é aquela que apresenta distribuição granulométrica contínua, próxima à de densidade máxima;
- Graduação aberta –apresenta distribuição granulométrica contínua, contudo, com pouca quantidade de material fino (menor que 0,075 mm) para preencher os vazios entre as partículas maiores, resultando em um maior volume de vazios;
- Graduação uniforme –apresenta a maioria de suas partículas com tamanhos em uma faixa bastante estreita, o que a deixa bastante íngreme;
- Graduação descontínua – também chamada de graduação com degrau, apresenta pequena porcentagem de agregados com tamanho intermediário, o que forma um patamar na curva granulométrica em função das frações intermediárias.

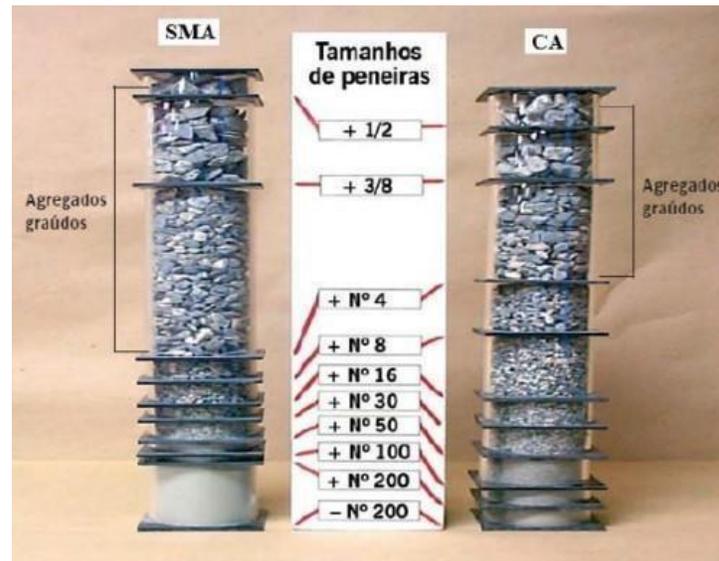
Figura 5: Classificação de agregados pela granulometria



## 2.4 Revestimento asfáltico tipo SMA (*Stone Matrix Asphalt*)

A mistura asfáltica SMA, ou *Stone Matrix Asphalt*, é um tipo de mistura asfáltica desenvolvida no final dos anos 60, na Alemanha. Esse tipo de mistura apresenta uma graduação descontínua com uma quantidade maior de agregados graúdos, além de uma quantia significativa de fíler, que forma o mástique asfáltico junto com o ligante para o preenchimento de vazios. Na sua composição, há ainda a presença de fibras, essenciais nesse tipo de mistura (MOURÃO, 2003) e que ajudam na inibição do escorrimento do ligante asfáltico. O comparativo entre uma mistura do tipo SMA e um concreto asfáltico convencional é apresentado na Figura 6.

Figura 6: Comparativo entre SMA e CA



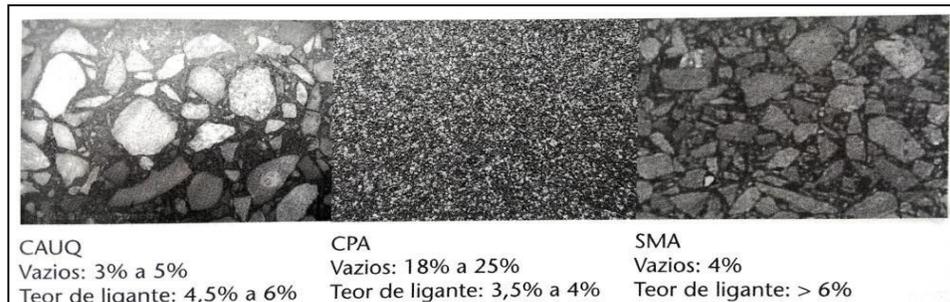
Fonte: BERNUCCI *et al.* (2007)

Esse tipo de mistura asfáltica normalmente é mais resistente à deformação permanente, ao surgimento de trincas por fadiga e ao desgaste quando comparado às misturas convencionais, sendo comumente utilizado em vias com alto volume de tráfego. Esta afirmação é apresentada também por Napa (2007), que verificou que estas misturas apresentam um menor afundamento de trilha de roda e uma maior resistência ao trincamento por fadiga quando comparadas a misturas densas convencionais.

O melhor desempenho em relação à deformação permanente deve-se à maximização do contato entre os agregados graúdos (REIS, 2002). Segundo Campbell (1999), essa interação entre os agregados graúdos da mistura do SMA proporciona uma redução de 30 a 40% nas deformações permanentes no revestimento quando comparadas a misturas asfálticas densas. Quanto às trincas por fadiga e ao desgaste, a maior espessura da película de asfalto é responsável pela melhor performance. Por ter uma macrotextura entre média e grosseira, o SMA melhora a aderência entre pneu e pavimento, além de diminuir o *spray* de água, uma vez que há menor concentração de água na superfície do revestimento asfáltico (SILVA, 2005).

Se comparado a misturas asfálticas convencionais (CBUQ - concreto betuminoso usinado a quente), o SMA apresenta uma distribuição granulométrica com mais agregados graúdos e muito pouco finos, sendo, então, necessário uma cubicidade maior dos agregados britados para que após a compactação apresente grande contato face a face. Além disso, devido à própria ausência de finos em quantidade na mistura, possui uma textura superficial rugosa, o que proporciona uma espécie de rede de microdrenagem superficial, evitando assim a formação de lâminas finas d'água durante períodos chuvosos, favorecendo, também, uma maior aderência e contato dos pneus com os agregados superficiais (BALBO, 2007).

Figura 7 – Comparação entre CAUQ, CPA e SMA



Fonte: Balbo (2007)

Para a Napa (2002), a principal vantagem do SMA é a longa vida útil proporcionada pela melhor performance deste revestimento em relação às misturas asfálticas convencionais, o que, a longo prazo, reduz os custos com recuperação e reabilitação do pavimento. Outra vantagem que se pode citar é a redução do ruído ao rolamento dos veículos, além de melhorar a visibilidade e o atrito com a superfície do revestimento. Ainda, de acordo com Celaya e Haddock (2006), as misturas do tipo SMA têm sua vida de serviço ampliada em 20% a 30% quando comparadas com misturas densas convencionais, devido à maior resistência à deformação permanente e à maior durabilidade da mistura.

Figura 8 – SMA aplicado na BR 277 - Paraná



Para Campbell (1999), o SMA possui excelente durabilidade ao desgaste por abrasão em função da baixa permeabilidade, que é proporcionada pelo mástique asfáltico rico em CAP (cimento asfáltico de petróleo). Essas características propiciam um aumento de mais de 20% ao tempo de serviço do SMA, quando comparado às misturas asfálticas convencionais.

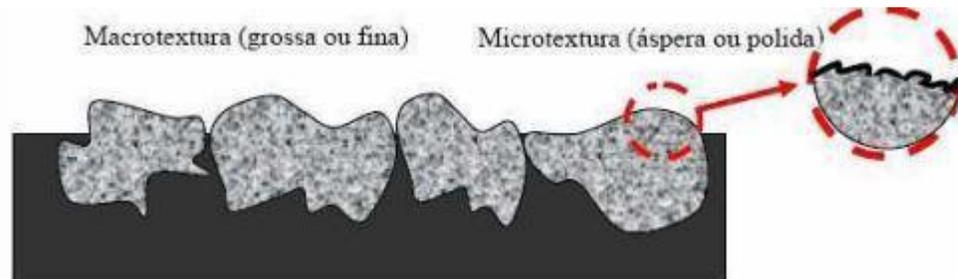
Em geral, os pavimentos com revestimento em SMA se mostraram bastante eficientes, especialmente no que diz respeito a características de superfície, durabilidade e conforto ao rolamento, sendo seu comportamento adequado em áreas sujeitas a grandes solicitações de tráfego.

## **2.5 Aderência pneu-pavimento**

A aderência pneu-pavimento pode ser caracterizada como a associação de características de atrito e de textura do pavimento (PEREIRA, 2010). A textura é classificada pela ASTM E-867 em microtextura, macrotextura, megatextura e irregularidade, classificações estas que se diferem na dimensão dos comprimentos de onda (horizontal) e amplitudes (vertical).

Na Figura 9, pode-se identificar a diferença entre as classificações de textura, sendo elas a macrotextura e a microtextura.

Figura 9 – Macrotextura e microtextura em pavimentos



Fonte: PERES *et al.*(,2006)

A macrotextura possui comprimentos de ondas ( $\lambda$ ) de 0,5 mm a 50 mm, que se relacionam com a graduação, tamanho máximo, espaçamento e formato dos agregados. Já a microtextura possui comprimentos de ondas menores que 0,5 mm, sendo influenciada pela rugosidade superficial dos mesmos (HALL *et al.*, 2009).

Quanto às outras classificações de textura, a megatextura é caracterizada pelos desvios da superfície do pavimento decorrentes de fatores como a formação de trilhas de roda, remendo, panelas, ausência de agregado na superfície e também relacionadas a juntas e fissuras de maiores proporções. A irregularidade longitudinal se refere aos desvios da superfície de pavimento em relação a uma superfície realmente plana, o que proporciona a redução da resistência ao rolamento, a dinâmica do veículo, a qualidade de rolamento e o custo operacional dos veículos (LAY, 1998).

Na tabela 2 a seguir, é apresentada, para cada comprimento de onda, a respectiva classificação da textura.

Tabela 2 – Classificação da textura do revestimento asfáltico em relação ao comprimento da onda

<b>Classificação da textura</b>	<b>Faixa de comprimento de onda (<math>\lambda</math>)</b>
Microtextura	$\lambda < 0,5 \text{ mm}$
Macrotextura	$0,5 \text{ mm} \leq \lambda < 50 \text{ mm}$
Megatextura	$50 \text{ mm} \leq \lambda < 500 \text{ mm}$
Irregularidade	$0,5 \text{ m} \leq \lambda < 50 \text{ m}$

Fonte: BERNUCCI *et al.* (2007)

Na opinião de Rodrigues Filho (2006), a macrotextura é caracterizada pelo tamanho do agregado usado na mistura, pela faixa granulométrica que prevalece no agregado e pela quantidade de vazios existentes na estrutura do pavimento, sendo o principal responsável pela drenagem superficial da água da chuva. Fenômeno causador de muitos acidentes, a hidroplanagem é significativamente influenciada pela macrotextura do pavimento. A espessura da lâmina d'água responsável pela hidroplanagem é menor em pavimentos que possuem macrotextura aberta, situação contrária encontrada em pavimentos com macrotextura fechada. Isso ocorre porque a macrotextura aberta forma canais entre os agregados, melhorando a drenagem da água que ficaria na área de contato entre o pneu e o pavimento. A possibilidade de ocorrência de hidroplanagem pode ser diminuída se a pista possuir uma macrotextura suficientemente aberta (RODRIGUES FILHO, 2006).

## 2.6 Medidas de textura e atrito

As medidas da macrotextura e microtextura (atrito) coletadas do revestimento asfáltico são fundamentais para o estudo da restauração da estrutura, parâmetros estes que são essenciais para uma melhoria na segurança viária (NOYCE *et al.*, 2005).

Para identificação da macrotextura, existem métodos diferentes: drenômetros, volumétricos e perfilômetros. Contudo, no Brasil, o método mais utilizado é o ensaio de mancha de areia (GAO *et al.*, 2019). Nesse ensaio, a areia deve ser uniforme, arredondada, passante na peneira no 60 (0,177mm) e retida na peneira no 80 (0,250mm), com um volume de 25.000 mm<sup>3</sup>. A areia deve ser espalhada sobre a

superfície do pavimento com auxílio de uma base de um pistão circular, que é movimentada em círculos paralelamente à superfície do pavimento, de modo a distribuí-la de forma homogênea, formando um círculo de areia. O espalhamento cessa quando aparecem algumas pontas dos agregados. Conforme apresentado na figura 10, mede-se na sequência o diâmetro do círculo de areia com auxílio de uma trena ou régua, em três direções distintas e faz-se a média das três determinações (BERNUCCI *et al.*, 2007).

Figura 10 – Equipamentos e materiais para realização do ensaio Mancha de Areia



Fonte: MOURA (2004)

A equação 01, responsável pela determinação do HS, é apresentada abaixo:

$$H_m = 4V / \pi D^2 \quad (1)$$

Onde:

$H_m$  = Espessura média da macrotextura do pavimento, mm;

$V$  = Volume da areia, mm<sup>3</sup>; e

$D$  = Diâmetro médio da área recoberta pela areia, em mm.

Com o valor HS (altura de areia) encontrado através da equação 01 acima, a Associação Brasileira de Pavimentação determina que a avaliação deste dado técnico seja conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação Macrotextura

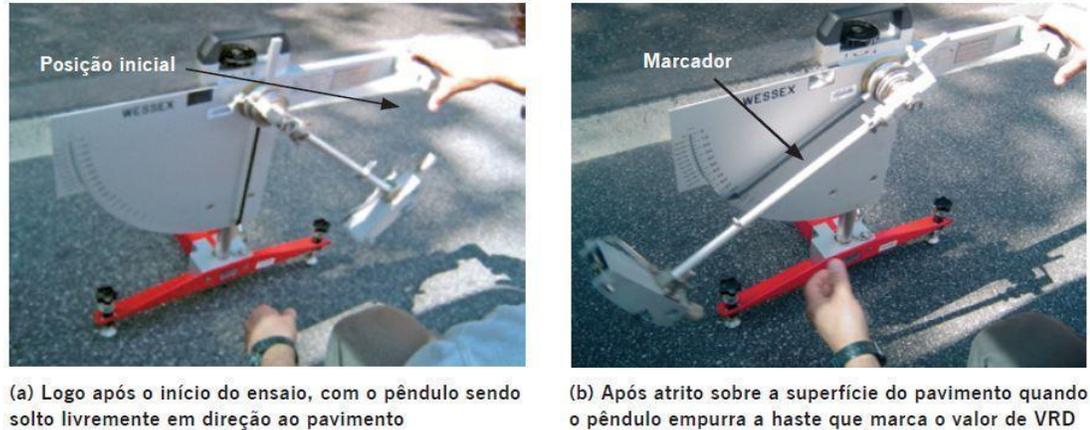
<b>Classe</b>	<b>Altura média de mancha de areia (mm)</b>
Muito Fina ou muito fechada	$HS \leq 0,20$
Fina ou fechada	$0,20 \leq HS \leq 0,40$
Média	$0,40 \leq HS \leq 0,80$
Grosseira ou aberta	$0,80 \leq HS \leq 1,20$
Muito grosseira ou muito aberta	$HS > 1,20$

Fonte: ABPV(1999)

Tem-se recomendado a macrotextura dos pavimentos asfálticos na faixa entre 0,6mm e 1,2mm de altura média da mancha de areia (ABPV, 1999). Abaixo de 0,6mm, a macrotextura passa a ter uma tendência a ser fechada e aumenta o risco de hidroplanagem. Acima de 1,2mm, a textura é muito aberta, causando desgaste excessivo dos pneus, maior consumo de combustível e tendência a maior ruído ao rolamento. A macrotextura é uma das características mais importantes e que afetam a aderência, principalmente para velocidades de deslocamento acima de 50km/h (BERNUCCI *et al.*, 2007).

Para a determinação do valor de resistência à derrapagem (VRD) ou *British Pendulum Number* (BPN), obtido por meio da avaliação da microtextura do revestimento asfáltico, utiliza-se um equipamento simples conhecido como pêndulo britânico (ASTM E 303). Conforme a Figura 11, esse equipamento é munido de um braço pendular cuja extremidade tem uma sapata recoberta de borracha, que é para ser atritada contra a superfície do pavimento umedecido (BERNUCCI *et al.*, 2007).

Figura 11 – Operação do pêndulo britânico para identificação do valor de resistência à derrapagem



Fonte: MOURA (2004)

Na tabela a seguir, são apresentadas as classificações segundo Brasil (2006), em referência aos valores de resistência à derrapagem (VRD).

Tabela 4 – Classificação Microtextura

<b>Classe</b>	<b>Valor de resistência à derrapagem</b>
Perigosa	< 25
Muito lisa	$25 \leq \text{VRD} \leq 31$
Lisa	$32 \leq \text{VRD} \leq 39$
Insuficientemente rugosa	$40 \leq \text{VRD} \leq 46$
Medianamente rugosa	$47 \leq \text{VRD} \leq 54$
Rugosa	$55 \leq \text{VRD} \leq 75$
Muito rugosa	$\text{VRD} > 75$

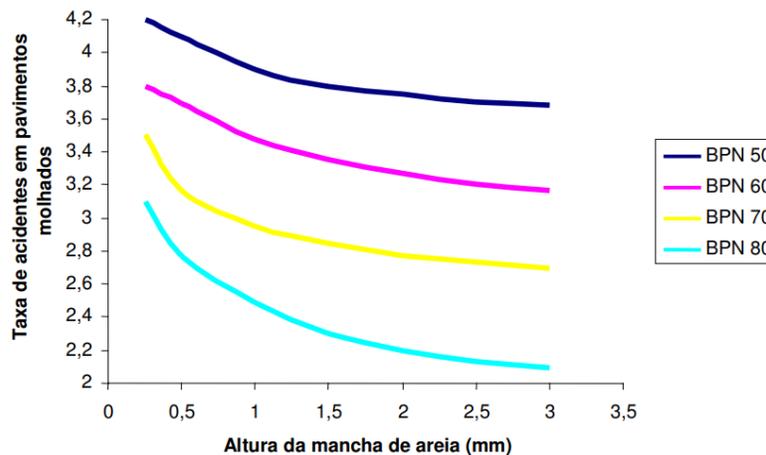
Fonte: ABPV (1999)

Para garantir uma microtextura medianamente rugosa, é recomendado que o valor de VRD seja, no mínimo, 47. A microtextura é uma característica muito importante para o rompimento da película de água e o favorecimento do contato pneu-pavimento para velocidades baixas de deslocamento, de até cerca de 40km/h (BERNUCCI *et al.*, 2007).

No estudo de Kokkalis e Olympia (1998), foram relacionadas as variáveis de textura (macrotextura e microtextura) juntamente com a frequência de sinistros de trânsito em

pista molhada, e conforme a Figura 12 apresentada, identifica-se que, quando há redução do valor do BPN (British Pendulum Number), o número de sinistros (acidentes) é crescente. Percebe-se também que quando o valor da altura da mancha de areia é crescente, os valores de sinistros diminuem para o mesmo valor de BPN ou VRD (Valor de resistência à derrapagem).

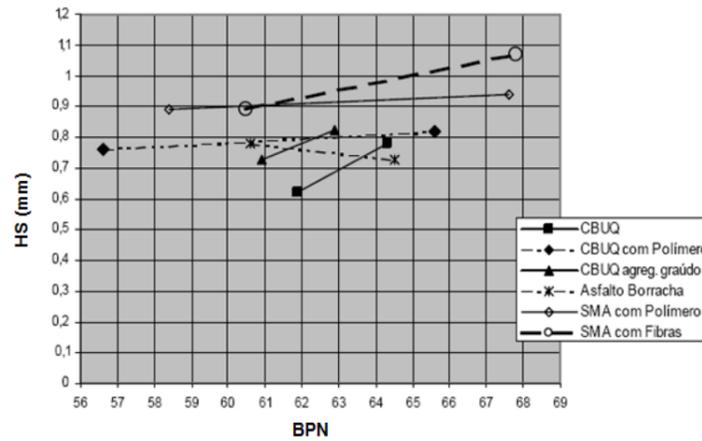
Figura 12 – Correlação entre a frequência de sinistros em pista molhada com os parâmetros de macrotextura e microtextura



Fonte: Kokkalis e Olympia (1998)

Conforme mencionado no subcapítulo 2.4, os parâmetros de textura a serem analisados nesta pesquisa referem-se ao revestimento SMA (Stone Matrix Asphalt). No trabalho de APS (2006), foi apresentada uma análise entre diferentes tipos de misturas asfálticas com foco nas características de textura (macrotextura e microtextura). Os ensaios de macrotextura foram realizados pelo método de mancha de areia, e os de microtextura pelo método do Pêndulo Britânico. APS (2006) identificou que o tipo de mistura asfáltica tem forte influência nas características de textura do revestimento asfáltico. Conforme estudo, pode-se identificar na figura 13 como essas variáveis de textura são influenciadas por cada tipo de revestimento, principalmente o SMA.

Figura 13 – Performance da macrotextura e microtextura em função do tipo de revestimento asfáltico



Fonte: APS (2006)

## 2.7 Relação entre variáveis

O conceito de correlação já aparece no trabalho de Bravais (1846), entretanto, foi Pearson (1896) quem descreveu a fórmula conhecida como “Coeficiente de Pearson” (MARIA; KOTZ, 2001). O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida de intensidade e direção de uma relação linear entre duas variáveis: x e y.

$$\rho = \frac{1}{(1-n)} \sum \frac{xi-\bar{x}}{sx} \frac{yi-\bar{y}}{sy} \quad (1)$$

Sendo:

$\rho$ : coeficiente de correlação Pearson;  
n: frequência de observações;  
 $\sum$ : soma;  
 $x_i$  e  $y_i$ : valor individual de x ou y;  
 $\bar{x}$  e  $\bar{y}$ : média;  
 $s_x$  e  $s_y$ : desvio padrão.

O coeficiente de correlação de Pearson é obtido pela expressão apresentada por Johnson e Bhattacharyya (2019), onde  $(x_i, y_i)$  são pares de  $n$  observações das variáveis  $x$  e  $y$ , com médias  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$ , respectivamente. O valor numérico de  $\rho$  varia de  $-1$  a  $+1$ . Quando  $\rho$  está próximo de  $-1$ , indica uma correlação negativa forte e, próximo de  $+1$ , uma correlação positiva forte, conforme apresentado na Figura 14. Um valor de  $\rho$  próximo a  $0$  indica que há correlação fraca ou a ausência de correlação (JOHNSON; BHATTACHARYYA, 2019).

Figura 14 – Classificação dos valores do coeficiente de Pearson

Valor de $\rho$ (+ ou -)	Interpretação
0.00 a 0.19	Uma correlação bem fraca
0.20 a 0.39	Uma correlação fraca
0.40 a 0.69	Uma correlação moderada
0.70 a 0.89	Uma correlação forte
0.90 a 1.00	Uma correlação muito forte

Fonte: Shimakura (2006)

No caso em que as variáveis  $x$  e  $y$  são descritas por uma distribuição conjunta normal, a correlação nula implica que as variáveis são independentes linearmente (JOHNSON; BHATTACHARYYA, 2019). Entretanto, uma correlação nula (ou muito pequena) pode implicar uma relação não linear entre as variáveis. Além disso, o coeficiente de correlação de Pearson é sensível à presença de *outliers*, isto é, pontos muito distantes da maioria dos pontos de um conjunto de dados.

## 2.8 Trabalhos correlatos

Na pesquisa bibliográfica realizada, alguns parâmetros de busca foram adotados a fim de identificar os trabalhos com a abordagem mais próxima desta dissertação. Primeiramente, os termos “*skid resistance*” (resistência à derrapagem), “*macrotexture*”, “*microtexture*”, “*correlation*” e “*traffic accidents*” foram as palavras-chave mais utilizadas. As principais fontes de pesquisas utilizadas na busca dos artigos foram a *SciELO* e pela editora online *Elsevier/ScienceDirect*, instituição fundada no ano de 1880 com o intuito

de promover a divulgação do conteúdo científico e técnico para o meio acadêmico e profissional.

O período escolhido para a busca dos artigos foi delimitado entre os anos de 2015 e 2023. Na primeira busca, foram identificados 23 artigos, dos quais alguns apresentavam alguma similaridade com o tema desenvolvido neste trabalho. Após leitura e interpretação detalhada desses artigos, houve uma redução para 8 (oito) artigos relacionados ao tema da pesquisa.

É perceptível que estudos ligados à avaliação da textura de pavimentos são constantes na academia mundial, o que corrobora para o desenvolvimento de projetos/construções/avaliações coerentes em prol de vias urbanas e rodovias mais seguras aos usuários. Abaixo, estão apresentados os artigos que, por entendimento, complementam o estudo desenvolvido nesta dissertação, e também em especial o trabalho de Pranjić (2018) e demais pesquisadores que abordaram a correlação entre os parâmetros de macrotextura e microtextura em revestimento SMA (Stone Matrix Asphalt) e sua influência na mitigação de acidentes, relação esta que vai ao encontro do objetivo deste trabalho.

**Tabela 5 - Trabalhos Correlatos**

AUTORES	TEMA	JOURNAL	ANO	SEMELHANÇAS	DIFERENÇAS
1 Ivana Pranjić *, Aleksandra Deluka-Tibljaša , Marijana Cuculića , Sanja Šurdonjaa	Influence of pavement surface macrotexture on pavement skid resistance	Transportation research Procedia Journal	2020	Melhor correlação em conjunto menor de dados; correlação positiva de baixa intensidade; análise da textura após melhoramento do pavimento; conjunto maior de dados de macro e microtextura podem resultar em correlações mais intensas; estudo de correlação pela equação de regressão (coeficiente Pearson)	Na análise dos parâmetros de textura os equipamento utilizados foram Laser Profiler (análise da macrotextura) e surface friction trailer (análise da microtextura), equipamentos estes automatizados, diferente dos utilizados no desenvolvimento dessa pesquisa.

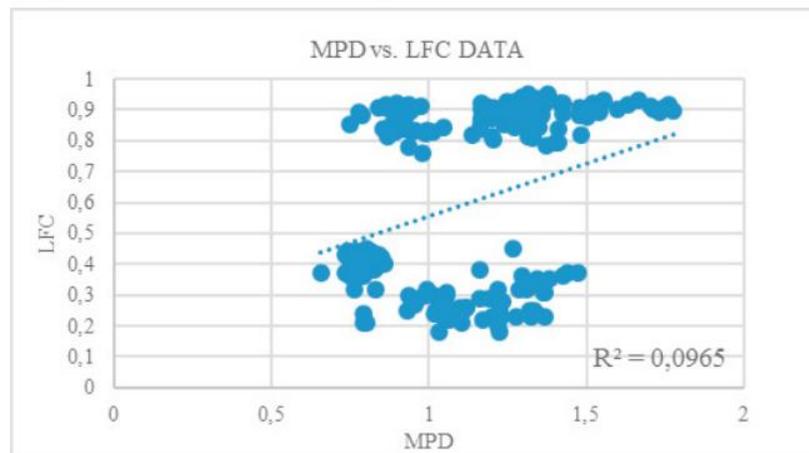
	AUTORES	TEMA	JOURNAL	ANO	SEMELHANÇAS	DIFERENÇAS
2	Ivana Pranjić , Aleksandra Deluka-Tibljša , Marijana Cuculić & Robert Skender	Pavement Surface macrotexture analysis	International Conference on Road and Rail Infrastructure	2018	Correlação linear moderada entre macrotextura e microtextura; Redução de sinistros de trânsito em superfície molhada.	Laser Profiler (macrotexture data collection) e surface friction trailer (skid resistance data collection)
3	K. Athiappan,, A. Kandasamy , M. Jinnah Sheik Mohamed , P. Parthiban , S Balasubramanian	Prediction modeling of skid resistance and texture depth on flexible pavement for urban roads	Materials today proceedings Journal	2022	Estudo da textura de pavimentos urbanos;macrotextura e microtextura são fatores que contribuem para sinistros de trânsito graves;estudo de correlação pela equação de regressão linear	Modelagem de previsão para valores de macrotextura e microtextura; macrotextura exerce grande influência na microtextura
4	Reginald B. Kogbara, Eyad A. asad , Emad Kassem , A. (Tom) Scarpas, Kumar Anupam	A state-of-the-art review of parameters influencing measurement and modeling of skid resistance of asphalt pavements	Construction and Building Materials Journal	2016	A qualidade do agregado da mistura asfáltica influencia no valor de microtextura; SMA proporciona melhor aderência em superfícies molhadas	Análise do parâmetro de microtextura em função de diversos tipos de agregados após a última chuva.
5	Stefan Torbruegge, Burkhard Wies	Characterization of pavement texture by means of height difference correlation and relation to wet skid resistance	Journal of Traffic and Transportation Engineering	2015	Os valores de macrotextura não influenciam na microtextura encontrada pelo British Pendulum Test	Correlação existente da microtextura em modelos de fricção por histerese.

	AUTORES	TEMA	JOURNAL	ANO	SEMELHANÇAS	DIFERENÇAS
6	Siyu Chen., Xiyin Liu , Haoyuan Luo , Jiangmiao Yu , Fuda Chen , Yang Zhang ,Tao Ma , Xiaoming Huang	A state-of-the-art review of asphalt pavement surface texture and its measurement techniques	Journal of Road Engineering	2022	Correlações entre macrotextura e microtextura apresentam valores de baixa intensidade;Conjunto maior de dados é necessário para uma avaliação mais assertiva entre os parâmetros correlação pela equação de regressão	Método de elementos infinitos proporciona a capacidade de estudo mais assertivo sobre o parâmetro de microtextura.
7	Wentao Wang, Linbing Wang, inghao Miao,, Chunru Cheng and Shiwuhen	A survey on the influence of intense rainfall induced by climate warming on operation safety and service life of urban asphalt pavement	Journal of Infrastructure Preservation and Resilience	2020	Misturas asfálticas com graduação aberta (SMA) com valores de macrotextura satisfatórios previnem as ocorrências de hidroplanagem	Desenvolvimento de modelos de previsão de espessura de lâmina d'água no pavimento demonstram ter resultados positivos.
8	Lekhaz Devulapalli , Goutham Sarang , Saravanan Kothandaraman	Characteristics of aggregate gradation, drain down and stabilizing agents in stone matrix asphalt mixtures: A state of art review	Journal of Traffic and Transportation Engineering	2022	A mistura asfáltica tipo SMA promove maior aderência à derrapagem quando se comparada às misturas densas; Fibras de celulose incorporada no SMA atuam de forma satisfatória como inibidor de escoamento do Cimento Asfáltico de Petróleo	Os autores sugerem citam que a fibra de coco tem excelente potencial para ser utilizada na incorporação do SMA para inibição do escorrimento do CAP, por apresentar inicialmente resultados satisfatórios.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Na pesquisa de Pranjic *et al.* (2018), foi realizado o estudo em pequena escala na correlação entre os parâmetros de macrotextura e microtextura, motivada pelo alto índice de acidentes em condições de pista molhada em uma via na cidade de Rijeka, Croácia. Diante dos dados de textura mensurados por meio dos procedimentos Hawkeye 2000 *laser profile* (macrotextura - MPD) e *friction trailer* (microtextura – LFC), foi identificado que a correlação entre esses valores é positiva, mas de baixa intensidade, conforme figura 15:

Figura 15: Estudo correlação macrotextura x microtextura



Fonte: PRANJIC *et al.* (2020)

Corroborando com a linha de estudo desta pesquisa, Athiappan *et al.* (2022) descobriram que os fatores que influenciam a progressão da resistência à derrapagem são a profundidade da textura (macrotextura), a condição do tráfego, a idade do pavimento asfáltico, a variação do teor de betume e o valor de abrasão. Dentre esses fatores, a profundidade da textura (macrotextura) tem a maior influência no valor da resistência à derrapagem (microtextura).

No desenvolvimento de outro trabalho, Pranjic *et al.* (2018), demonstraram um estudo que vem ao encontro com a proposta deste trabalho, que é delimitar um trecho com o índice de acidentes registrados e verificar a evolução das ocorrências após a recuperação asfáltica do local. O local delimitado foi uma alça de acesso (em rampa

i%>3) que liga a estrada municipal de Rijeka, na Croácia, à rodovia D 404, conforme a figura abaixo.

Figura 16: Segmento rodoviário de estudo



Fonte: PRANJIĆ *et al.* (2018)

Interessante observar que os dados de acidentes nesse segmento foram classificados nas condições de pista molhada e seca, no momento do acidente, e também antes e depois da execução do melhoramento do revestimento asfáltico tipo SMA (Stone Matrix Asphalt) através da tecnologia *shot blast* (renovação da textura do pavimento). Após a realização do *shot blast*, no ano de 2017, não houve nenhuma ocorrência de acidente nesse trecho de estudo, favorecendo influência positiva entre os parâmetros de macrotextura e microtextura, quando correlacionados com o número de acidentes.

Tabela 6 - Frequência de sinistros de trânsito registrados entre 2012 a 2017

Condição da superfície / Nº de sinistros de trânsito	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Seca</b>	0	0	0	1	1	0
<b>Molhada</b>	1	1	0	1	5	0

Fonte: PRANJIĆ *et al.* (2018)

Paralelo ao estudo, a correlação entre a macrotextura e microtextura também foi objeto de análise. Pranjic *et al.* (2018) realizaram a coleta dos dados de macrotextura por meio do equipamento Hawkeye 2000 perfilômetro, que resulta no parâmetro *MPD* (*mean profile depth*), e, para a microtextura, o *Micro Grip Tester*. Com o intuito de verificar a correlação desses parâmetros pelo método de Pearson, o estudo concluiu que a interação entre ambas as variáveis é positiva, porém de baixa correlação.

Para Pranjic *et al.* (2018) e Chen *et al.* (2022), é aconselhável que a análise da correlação entre microtextura e macrotextura sejam analisadas com grande quantidade de dados, no intuito de obter resultados mais realistas do quão forte é a correlação entre esses parâmetros de textura do revestimento asfáltico.

Na pesquisa de Athiappan *et. al* (2022) foi desenvolvido um modelo de previsão do parâmetro de resistência a derrapagem combinado com a variável de macrotextura e, após as análises realizadas pelos autores, encontrou-se que o valor de macrotextura exerce influência no valor da resistência à derrapagem, fato este contrário aos resultados apresentados por Torbruegge e Wies (2015, pág. 1). Uma outra contribuição identificada por Athiappan *et. al* (2022) foi a recomendação satisfatória para utilizar a equação de regressão linear na previsão de dados.

Para Kogbara *et. al* (2016), a utilização de mistura asfáltica de graduação aberta (tipo SMA - *Stone Matrix Asphalt*) proporciona melhor aderência entre os pneus do veículo e o pavimento em períodos de chuvas, em razão da macrotextura formada e, conseqüentemente, da microtextura apresentada em função da utilização de agregados com boa resistência, abrasão e forma. Esse apontamento, apresentado por Kogbara *et. al* (2016), vai ao encontro dos resultados encontrados por Pranjic *et al.* (2018), quanto à redução do número de acidentes em segmento em que a camada asfáltica é do tipo SMA.

Para Chen *et. al.* (2022), as ferramentas para determinação dos parâmetros de macrotextura e microtextura atuais não possuem boa acurácia e demandam um investimento alto para realização dos mesmo, sendo que, no desenvolvimento desta

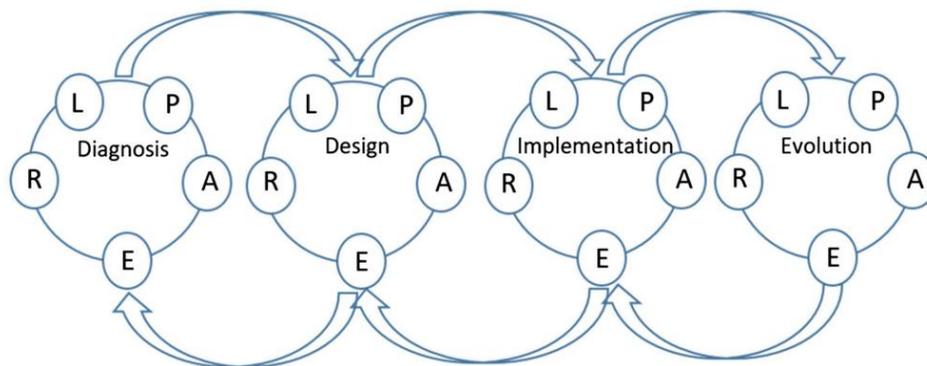
pesquisa, os métodos utilizados para mensuração das variáveis de textura do pavimento foram os ensaios de mancha de areia (*sand patch method*) e o pêndulo britânico (*British Pendulum Number*), alternativas de fácil utilização e baixo custo, mas ainda não tão precisas, de acordo com Chen et. al (2022). Os autores sugerem alternativas para desenvolvimento de previsões e gerenciamento do parâmetro de resistência à derrapagem (*skid resistance*) mediante a utilização de métodos de elementos infinitos, *Big Data*, *neural network*, *deep learning* etc. (CHEN et. al, 2022).

Devulapalli *et al.* (2022) afirmam que o SMA (stone matrix asphalt), por possuir uma graduação aberta, proporciona alta capacidade de aderência (alta rugosidade), parâmetro este que será objeto de estudo na análise de correlação dos ensaios de macrotextura e microtextura.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A ADSR (Hevner; Mallurkey, 2019) foi o método científico adotado para o desenvolvimento desta pesquisa. A aplicação da *Action Design Science Research* se define em uma sequência representada em 4 estágios distintos: Diagnóstico, Design, Implementação e Evolução (Hevner; Mallurkey, 2019), conforme Figura 17.

Figura 17: Estágios do método ADSR (*Action Design Science Research*)



Fonte: HEVNER; MALLURKEY, (2019)

Tradução: Diagnosis (Diagnóstico); Design (Projeto); Implementation (Implementação); Evolution (Evolução)

Sein *et al.* (2011) cita que a combinação entre a *Design Science* e a Pesquisa-Ação resulta na ADSR (*Action Design Science Research*). E quando ADSR é aplicada, pode contribuir para a construção de artefatos (DRESCH *et al.*, 2015).

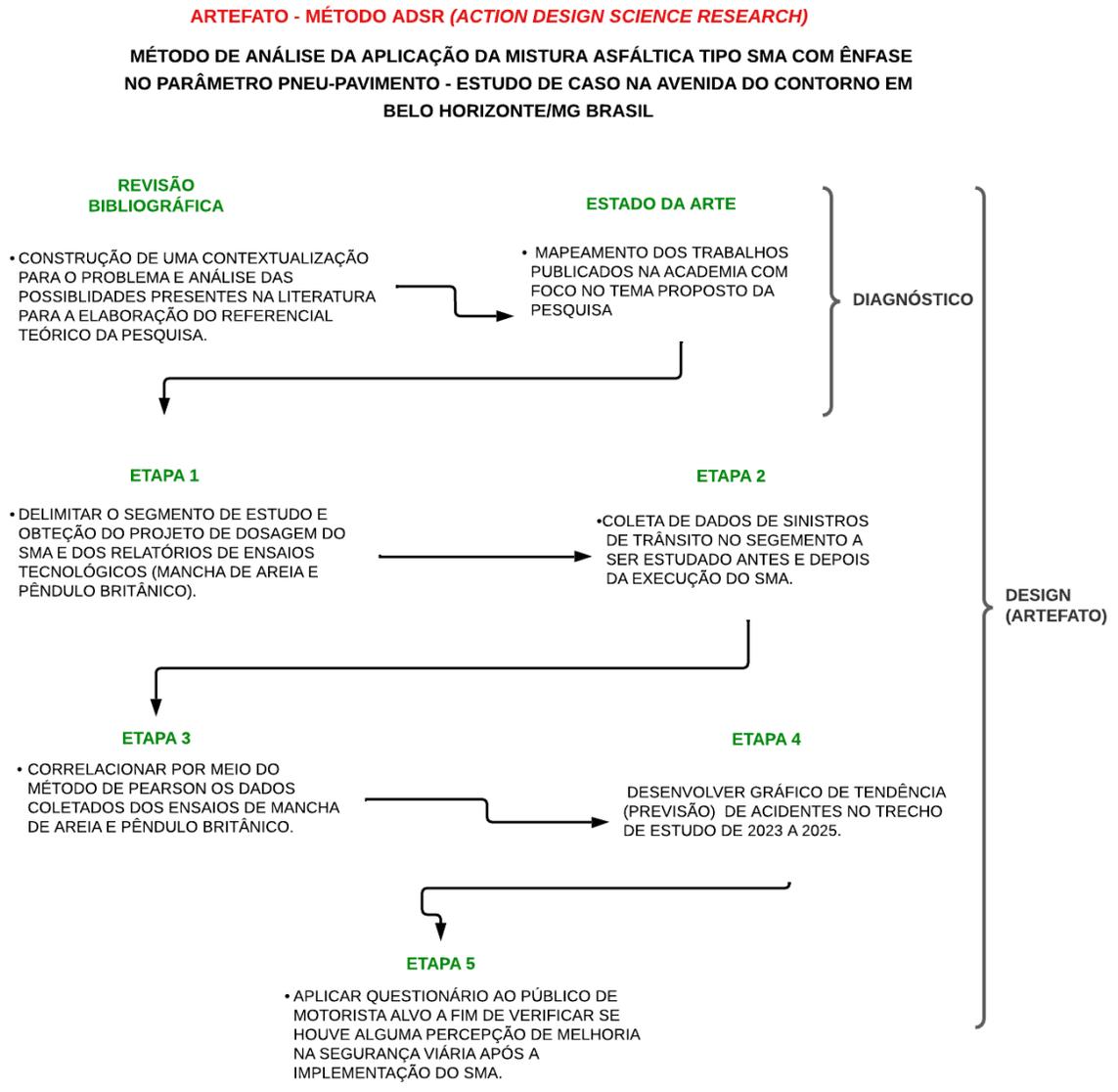
Em resumo, o artefato é “a organização dos componentes do ambiente interno para atingir objetivos em um determinado ambiente externo” (DRESCH *et al.*, 2015). Hevner *et al.* (2004) indicam que os requisitos para o bom funcionamento do artefato estarão localizados em um local denominado “espaço do design”. Nele, o pesquisador, inicialmente, verifica as relações do artefato com o que existe e o que ainda não existe acerca do problema que está estudando. Hevner *et al.* (2004) vão além e afirmam que o conhecimento pode ser gerado com o projeto de construção do artefato, o

desenvolvimento de novas metodologias, as teorias e os conceitos para novas tecnologias.

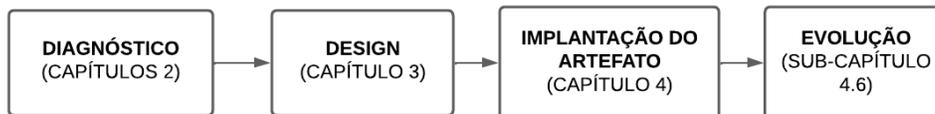
Diante dos quatro estágios da ADSR (*Action Design Science Research*) propostos por Hevner *et al.* (2004), a etapa do diagnóstico da pesquisa se inicia na busca por conhecimentos em trabalhos acadêmicos publicados em instituições conceituadas, tais como *Elsevier* e *ScienceDirect*. Os temas buscados estão relacionados à correlação entre os parâmetros pneu-pavimento, especificamente a macrotextura e a microtextura do pavimento. Ademais, buscou-se artigos que relacionavam, também, o índice de sinistros de trânsito com a textura do pavimento. Todo conteúdo encontrado serviu de base para desenvolver a proposta (artefato) para atingir o objetivo desta pesquisa, que é identificar sinais de correlação positiva entre os parâmetros de textura do pavimento e, conseqüentemente, verificar a evolução de sinistros de trânsito no segmento de estudo.

Na etapa de design de ADSR proposto por Hevner *et al.* (2004), foi desenvolvido, para esta pesquisa, o artefato contendo o fluxograma metodológico, conforme a Figura 18.

Figura 18 – Fluxograma metodológico da pesquisa



**SEQUÊNCIA MÉTODO ADSR - PESQUISA**



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

O artefato determina as etapas para alcançar os objetivos da pesquisa, que incluem correlacionar os parâmetros de aderência pneu-pavimento (macrotextura e microtextura) e analisar a evolução dos sinistros de trânsito em um segmento de via, confrontando esses dados com o resultado qualitativo do questionário aplicado a motoristas de transporte coletivo. Antes de implementar o artefato (estágio 3), será descrito como cada processo do artefato proposto funcionará.

### **3.1 Caracterização do local de estudo**

Primeiramente, deve-se investigar, por meio de um órgão oficial, seja público ou privado (prefeituras, DNIT, DEERs, ANTT, Secretaria Estadual de Obras/Infraestrutura, concessionárias de rodovias, etc.) a existência de uma via urbana ou rural (rodovia) cuja camada asfáltica seja do tipo SMA (*Stone Matrix Asphalt*). Com a definição e delimitação do trecho a ser estudado, é importante obter através destes órgãos controladores, os projetos executivos (levantamento topográfico, perfil longitudinal da via, planta de geometria, projeto de dosagem da mistura asfáltica, cadastro da drenagem local etc.) da obra, bem como os relatórios dos ensaios tecnológicos de macrotextura (altura de areia) e microtextura (valor de resistência a derrapagem - VRD).

### **3.2 Fonte de dados para coleta de sinistros de trânsito**

Após a delimitação do trecho de estudo, os dados de sinistros de trânsito deverão ser coletados através dos órgãos fiscalizadores de trânsito/tráfego locais, tais como: Polícia Militar Rodoviária, Guarda Municipal, Secretaria de Transportes, Polícia Rodoviária Federal etc.

Espera-se que o nível de detalhes contidos nos dados de sinistros seja suficiente para identificar a frequência de ocorrências no trecho de estudo. Algumas informações mínimas que devem ser obtidas para a análise dos dados de sinistros são: data da ocorrência, horário e se houve vítimas. É importante ressaltar que cada órgão regulador consultado pode possuir outras informações que podem fortalecer ainda mais o

tratamento dos dados, como: ocorrência de chuva no momento do acidente, tipo de veículo envolvido, local exato do acidente na pista, relatos dos envolvidos etc.

Caso o pesquisador não obtenha muitas informações, deve complementar com outros dados (entrevistas com as vítimas, moradores da região, comerciantes, etc.).

### **3.3 Correlação entre os parâmetros de macrotextura e microtextura**

Com os dados dos ensaios de macrotextura (mancha de areia – HS) e de microtextura (valor de resistência à derrapagem) contidos nos relatórios, será realizada a análise de correlação pelo Método de Pearson utilizando os dados de HS e VRD por faixa de rolamento, quando assim existir. É importante considerar que, caso haja um histórico de ensaios no trecho de estudo, é valioso realizar a análise desses com o intuito de verificar a evolução do comportamento da textura do revestimento asfáltico, proporcionando oportunidades de melhorias ou manutenções corretivas.

A correlação pelo método de Pearson visa identificar o quão forte é a interação entre duas variáveis distintas, seja positivamente ou negativamente. Entretanto, estas análises podem ser realizadas em diversos programas de análise estatística, como: R Project, Tibco Statistica, Jamovi, Jasp e no Excel, sendo este último o adotado para realização das devidas análises devido à fácil disponibilidade.

Para exemplificar a etapa de análise de correlação entre as variáveis, os procedimentos são estes:

1. Selecione os dados de Macrotextura e Microtextura do segmento de estudo. Caso haja dados referentes a mais de uma pista de rolamento, analise os dados por faixa.
2. Diante dos dados obtidos, crie uma tabela no programa Excel, conforme o exemplo na tabela 7.

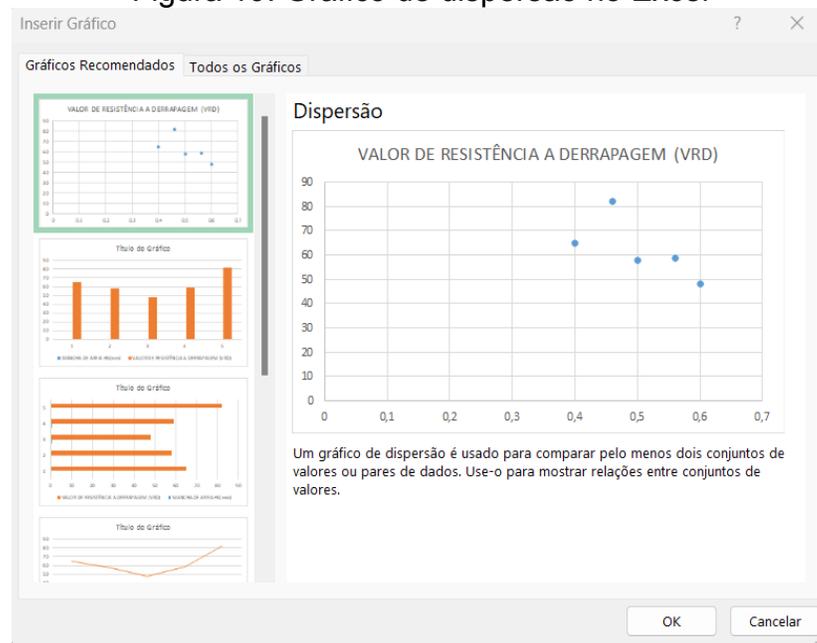
Tabela 7: Tabela exemplo de organização de dados de macrotextura e microtextura

	<b>Ensaio</b>	<b>Mancha de areia HS (mm)</b>	<b>Valor de resistência a derrapagem (VRD)</b>
<b>RUA/AVENIDA XXX – FX 01</b>	1	0,4	65
	2	0,5	58
	3	0,6	48
	4	0,56	59
	5	0,46	82

Fonte: elaborado pelo autor (2024)

3. O próximo passo é selecionar as colunas dos dados de Mancha de Areia e Valor de Resistência à Derrapagem e, em seguida, inserir o gráfico de dispersão, conforme Figura 19.

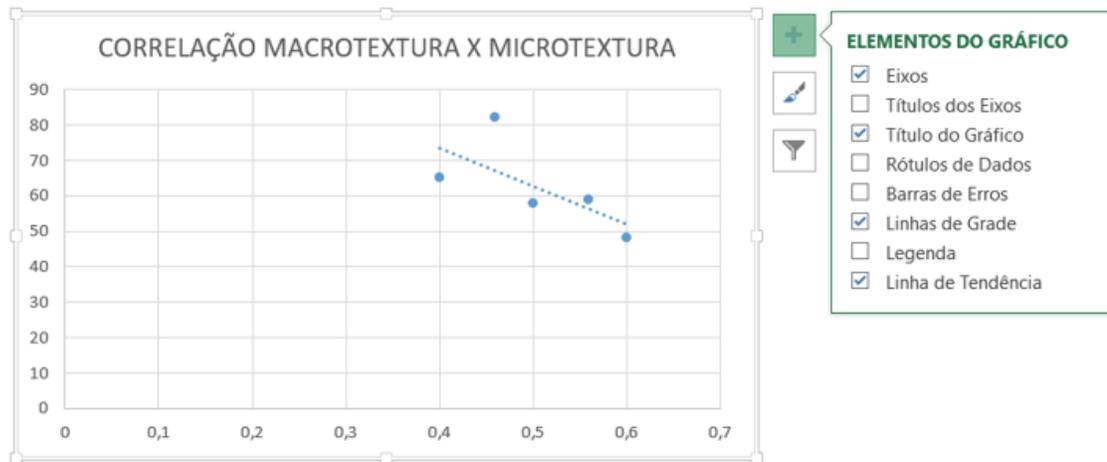
Figura 19: Gráfico de dispersão no Excel



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

4. Com os dados de Macrotextura (Eixo X) e Microtextura (Eixo Y), já dispostos no gráfico de dispersão, a linha de tendência deverá ser adicionada na análise.

Figura 20: Linha de tendência no Excel

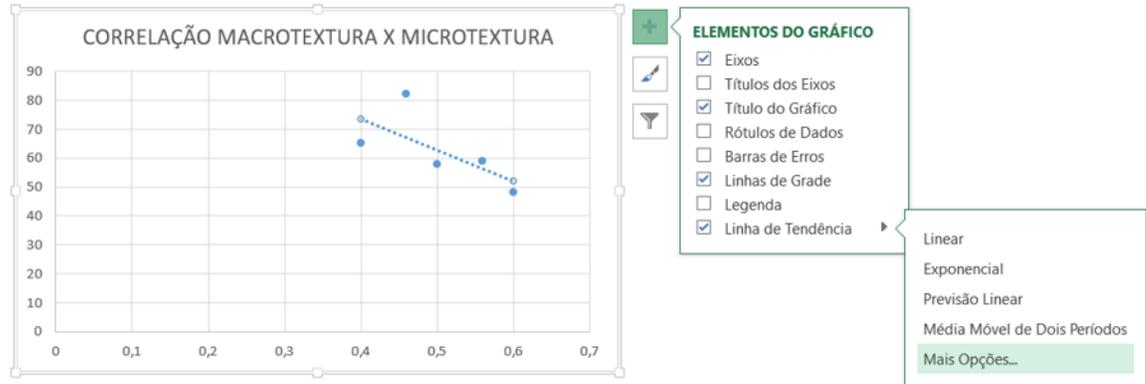


Fonte: elaborado pelo autor (2024)

5. Com a inserção da linha de tendência (reta linear), que provém da equação  $ax + b = y$ , onde o valor de  $x$  é a variável independente, referente à macrotextura. Já a variável  $y$  (dependente), é função dos dados de microtextura.

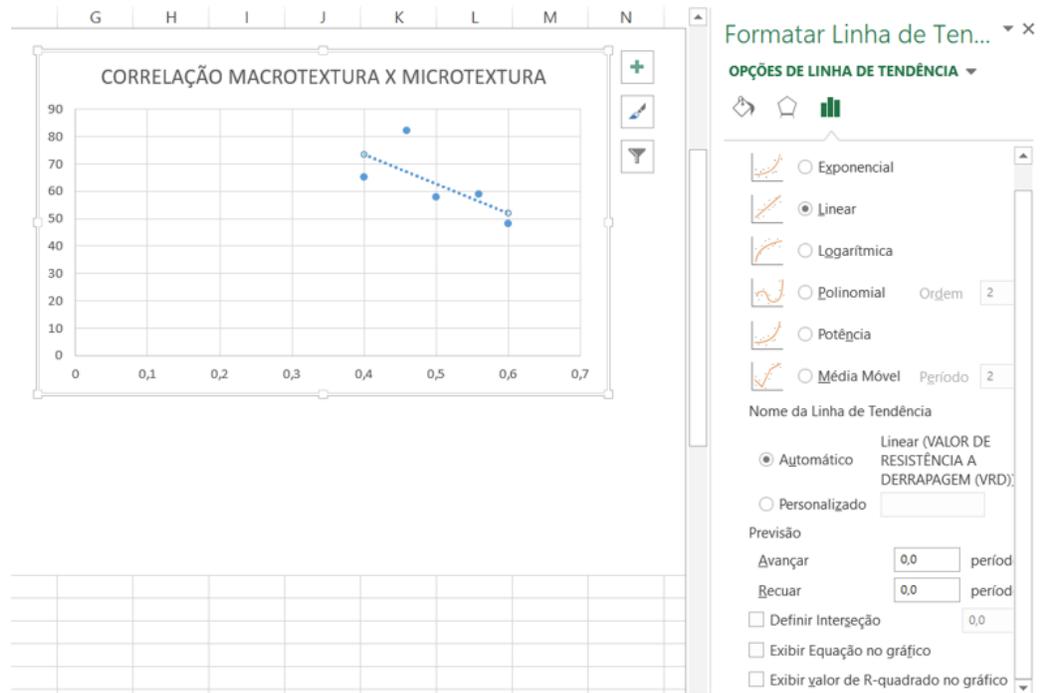
6. Em seguida, no próprio Excel, deve-se utilizar a ferramenta de criação da equação do gráfico e também o valor  $R$ , referente ao número  $\rho$  (Correlação Pearson). Conforme Figuras 21 e 22, estão apresentados os passos necessários para etapas dos processos mencionados acima.

Figura 21: Sequência para desenvolvimento da equação do gráfico e valor de R no Excel



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

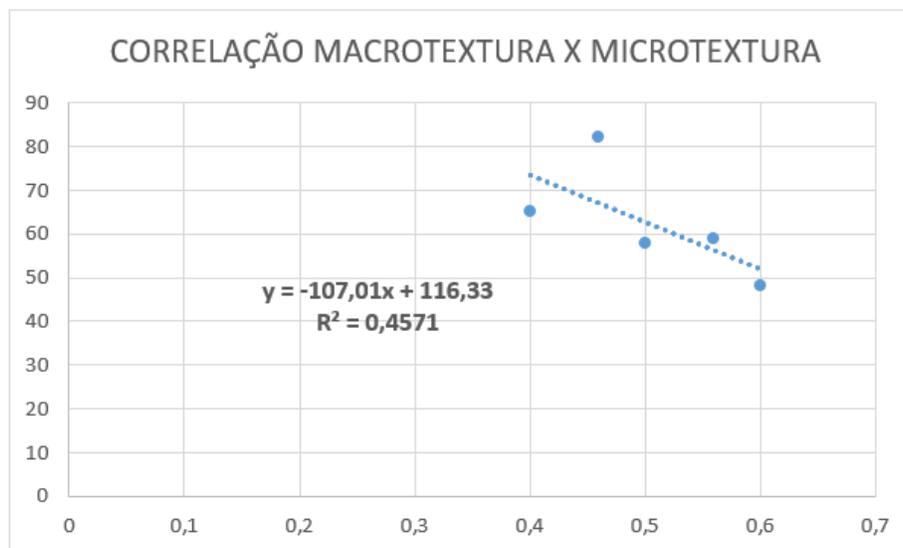
Figura 22: Sequência para desenvolvimento da equação do gráfico e valor de R no Excel



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

7. A partir da equação do gráfico resultante e valor de R apresentado, é possível analisar como a variável independente (Macrotextura/Eixo X) se relaciona com a variável dependente (Microtextura/Eixo Y). Conforme exemplo, na Figura 23, pode-se observar que a equação de regressão linear é decrescente e o valor de R demonstrado é positivo, mas apresenta pequena interação entre ambas as variáveis, em função do valor de 0,6761.

Figura 23: Equação do gráfico e valor de R resultantes



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

### 3.4 Gráfico de tendência de sinistros de trânsito

Com base nos dados de sinistros obtidos entre os anos de 2011 a 2022, será elaborado gráfico com a perspectiva de sinistros de trânsito para os anos de 2023 a 2025. O ano de 2025 é o período que se completa 5 anos da aplicação do SMA (Stone Matrix Asphalt). Para esta finalidade será desenvolvido no próprio Excel a reta linear ( $y=$

ax+b), a qual poderá identificar o provável comportamento do quantitativo de sinistros de trânsito de 2023 a 2025.

Entretanto, na continuidade do método ADSR (*Action Design Science Research*), os estágios 3 e 4, determinados por Hevner *et al.* (2004) como implantação e evolução, serão abordados nos capítulos seguintes. Portanto, as ações compreendidas no artefato serão desenvolvidas e discutidas/avaliadas.

### **3.5 Modelo de questionário a ser aplicado aos motoristas**

Com o objetivo de identificar evidências reais diante dos relatos dos usuários que trafegam no trecho de estudo, a construção do questionário teve como premissa desenvolver perguntas abertas com características qualitativas e quantitativas, que totalizam 14 perguntas. O principal objetivo do questionário é obter um maior número possível de informações sobre o tema proposto desta pesquisa. Contudo a de saber que para cada trecho de estudo pode haver um público-alvo para aplicar o questionário. A seguir, estão apresentadas as perguntas referente ao questionário.

## Figura 24 - Questionário a ser aplicado aos usuários da via de estudo

### QUESTIONÁRIO PRÉVIO A SER REALIZADO COM MOTORISTAS DA VIAÇÃO SANDRA

**TRECHO DE ESTUDO:** A SER ESCOLHIDO PELO PESQUISADOR

**NOME DO ENTREVISTADO:** XXXXXX

**PROFISSÃO:** XXXXXX

- 1) NOME
- 2) HÁ QUANTO TEMPO VOCÊ TRAFEGA NESSE TRECHO ?
- 3) QUANTOS DIAS POR SEMANA E QUAL FREQUÊNCIA VOCÊ TRAFEGA NESSE SEGMENTO ?
- 4) VOCÊ TRABALHA EM QUAL PERÍODO ?
- 5) EM MÉDIA QUANTAS PESSOAS ESTÃO NO ÔNIBUS/CARRO/CAMINHÃO QUANDO PASSA NESSE TRECHO ?
- 6) PARA VOCÊ, QUAL É O PERÍODO DE GRANDE FLUXO NESSE TRECHO ?
- 7) SOBRE O ASFALTO DESSE TRECHO, VOCÊ SABIA QUE ELE FOI SUBSTITUÍDO POR OUTRO NO ANO DE XX ?
- 8) O NOVO ASFALTO APLICADO TROUXE MAIS SEGURANÇA AO DIRIGIR O ÔNIBUS VEÍCULO ?

### Figura 24 - Questionário a ser aplicado aos usuários da via de estudo (continuação)

- 9) O ASFALTO APLICADO TEM O NOME DE SMA (STONE MATRIX ASPHALT), ELE POSSUI A CONDIÇÃO DE DAR MAIS ADERÊNCIA ENTRE OS PNEUS DO VEÍCULO E O PRÓPRIO ASFALTO. PARA VOCÊ É INTERESSANTE? PORQUE ?
- 10) VOCÊ JÁ PASSOU POR ALGUMA DIFICULDADE NA CONDUÇÃO DO VEÍCULO NESSE TRECHO? EX: CONGESTIONAMENTO NO PERÍODO DE CHUVA, VEÍCULO DERRAPANDO? ETC. QUANDO ACONTECEU ?
- 11) VOCÊ JÁ PRESENCIOU ALGUM TIPO DE ACIDENTE NESSE TRECHO ?
- 12) VOCÊ JÁ PERCEBEU QUE QUANDO ESTÁ CHOVENDO O ASFALTO NESSE TRECHO TEM UMA APARÊNCIA DE QUE NÃO ESTÁ COM POÇAS D'ÁGUA, MAIS "SECO" ?
- 13) QUAL A SUA OPINIÃO SOBRE OS ORGÃOS RESPONSÁVEIS APLICAREM ASFALTOS QUE TRAZEM MAIS ADERÊNCIA EM RODOVIAS, AVENIDAS E RUAS DE ALTO TRÁFEGO ?
- 14) VOCÊ COMO MOTORISTA/USUÁRIO DA VIA, O QUE VOCÊ ACHA INTERESSANTE MELHORAR NAS ESTRADAS, VIAS URBANAS DE MODO GERAL.

Fonte: elaborado pelo autor (2024)

No desenvolvimento das perguntas de nº 2 e 3, o principal objetivo é identificar a frequência que o entrevistado transita pela via de estudo, característica esta que pode contribuir significativamente com a veracidade das ocorrências naquele trecho. A fim de verificar os períodos que os usuários trafegam na via de estudo, a pergunta de nº 4 é aplicada. Também é solicitado ao entrevistado, na pergunta de nº 5, se no momento que ele trafega na via, o veículo que ele(a) conduz (ônibus, carro, caminhão etc.) está com muitas pessoas e/ou cargas.

Com a finalidade de identificar qual o período de grande fluxo na via de estudo, aplica-se a pergunta de nº 6. Sabe-se que em certos períodos do dia o fluxo de veículos tende a ser intenso, e é por essa razão que é importante identificar a realidade do trecho de estudo.

A partir da pergunta de nº 7, o intuito do entrevistador é obter informações relacionadas às intervenções no pavimento asfáltico. A pergunta de nº 7 é muito importante para a continuidade das outras perguntas, pois é a partir dela que o entrevistador vai ser informado se o entrevistado tem ciência que em certo momento o trecho de estudo passou por um melhoramento no revestimento asfáltico. Em seguida, a pergunta de nº 8 requer que o entrevistado faça uma comparação entre o revestimento antigo e o atual, e defina se, na percepção dele, a segurança ao dirigir o veículo melhorou ou não.

A pergunta de nº 9 é iniciada pelo entrevistador esclarecendo algumas características funcionais do revestimento asfáltico, com o intuito de informar os usuários da via de estudo. O usuário, já ciente das características do asfalto, é convidado a se posicionar sobre se ele considera benéfica a aplicação do revestimento e por quais razões vê vantagens.

Na continuidade do questionário, as perguntas de nº 10 e 11 foram elaboradas com o objetivo de identificar quando e quais as ocorrências o entrevistado já presenciou ou até mesmo foi vítima. Com base nas respostas obtidas é possível identificar se as ocorrências de derrapagens e batidas reduziram após o melhoramento do revestimento asfáltico. A pergunta de nº 12 é aplicada com a finalidade de verificar se as características de textura do novo asfalto resultam em melhoramentos na drenagem no local e, conseqüentemente, na condução de veículo.

Por fim, as perguntas de nº 13 e 14 são aplicadas aos entrevistados com a finalidade de saber se, para eles, as instituições/órgãos devem fomentar a tecnologia em prol da execução de revestimentos asfálticos que geram mais segurança aos usuários. Concomitantemente, é necessário saber dos usuários da via de estudo quais são os outros dispositivos e ou serviços que influenciam na melhoria da segurança viária (sinalização horizontal e vertical, semáforo, faixa exclusiva etc.).

A partir das respostas obtidas, deve ser realizada uma análise das respostas e interpretação dos dados, a fim de quantificar e qualificar estas informações buscando demonstrar a real opinião dos usuários da via de estudo.

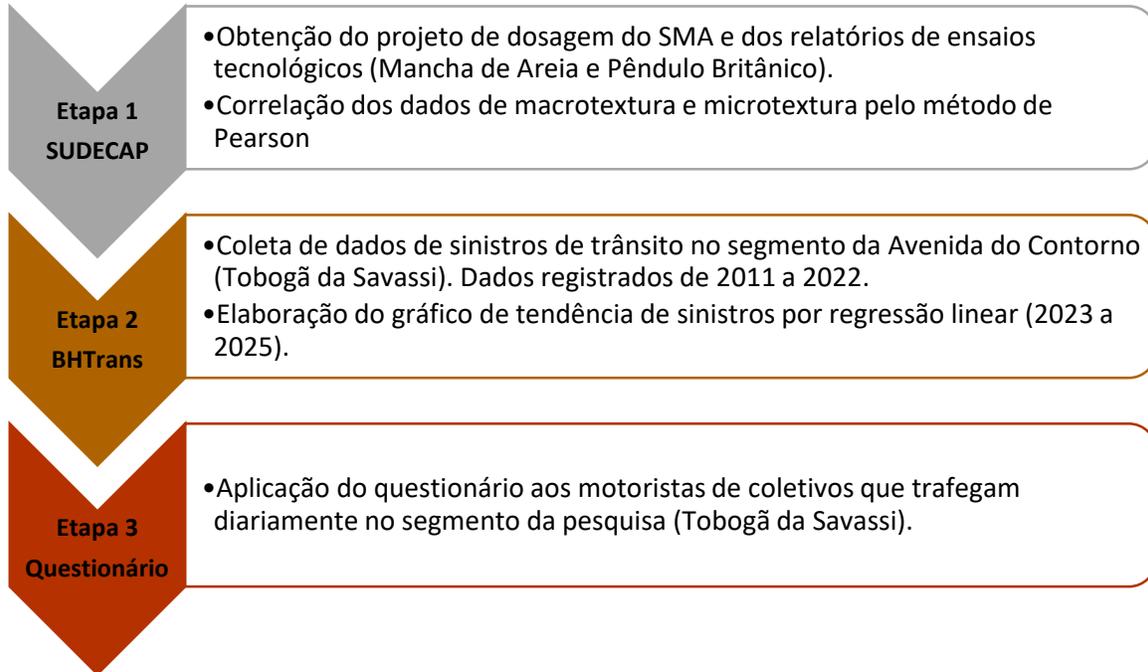
#### **4 DESENVOLVIMENTO**

Com o objetivo de explorar cientificamente, com base nos dados técnicos da implantação do SMA no Tobogã da Savassi, este capítulo abordará as etapas relacionadas ao desenvolvimento desta pesquisa, com a apresentação dos dados e o tratamento dos mesmos, com foco no parâmetro pneu-pavimento.

A primeira etapa foi obter a partir da SUDECAP (Superintendência de Desenvolvimento da Capital – Belo Horizonte/MG), os dados referentes a intervenção realizada no Tobogã da Savassi, tais como: projeto de dosagem da mistura asfáltica tipo SMA (Stone Matrix Asphalt), informações gerais da obra, acervo fotográfico, e complementar a estes dados, os relatórios de ensaios tecnológicos, especificamente de Macrotextura (Mancha de Areia) e Microtextura (Pêndulo Britânico).

A etapa seguinte, na exploração dos dados referentes ao trecho de estudo, foi com o apoio da BHTRANS (Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte), onde foram identificados os números de sinistros de trânsito durante os anos de 2011 a 2022. Os dados de sinistros referentes a 2023 serão divulgados após o 1º semestre de 2024. Para finalizar a coleta de dados, conforme apresentado no framework a seguir, na terceira etapa foi desenvolvido um questionário direcionado aos motoristas dos ônibus de transporte da BHTRANS, com perguntas objetivas a fim de identificar o quão perceptível foi a implantação do revestimento SMA (Stone Matrix Asphalt), no contexto da segurança viária.

Figura 25 – Framework da pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Com o objetivo de detalhar as etapas mencionadas na Figura 25, os subcapítulos 4.1 ao 4.6 abordam o desenvolvimento dessas etapas, como exemplo: característica do trecho de estudo, dados da implantação do revestimento SMA (*Stone Matrix Asphalt*), os ensaios tecnológicos de Mancha de Areia e Pêndulo Britânico, as ocorrências de sinistros de trânsito e o questionário implementado aos motoristas de coletivos da BHTRANS.

#### 4.1 Trecho de estudo

A Avenida do Contorno, via urbana que circunda a região central da cidade de Belo Horizonte, possui um papel importante no desenvolvimento da capital mineira, desde de sua construção no século XX, que se deu de forma parcial. Diversas vezes, houve a necessidade de realizar modificações no traçado em função do crescimento

desordenado naquela época. O trecho popularmente conhecido como “Tobogã da Savassi” está localizado entre os bairros Savassi e Funcionários, é formado por 2 rampas de aproximadamente 150 metros de comprimento cada, com uma inclinação longitudinal  $>12\%$ .

Em razão da classificação funcional da via, sua geometria e do tráfego intenso de veículos utilitários, comerciais e de transportes coletivos, a plataforma da via é constituída de três faixas de rolamento para cada sentido, canteiro central, curva vertical convexa implantada (Próximo à Rua Piauí), faixa adicional para estacionamento de veículos, possui instalações semafóricas e radares de velocidade.

Na Figura 26 está apresentado o estaqueamento que se inicia no eixo central do Tobogã da Savassi próximo à rua Maranhão (Est. 0+00) e finaliza nas proximidades da rua Ceará (Est.14+19), totalizando extensão linear de 299 metros.

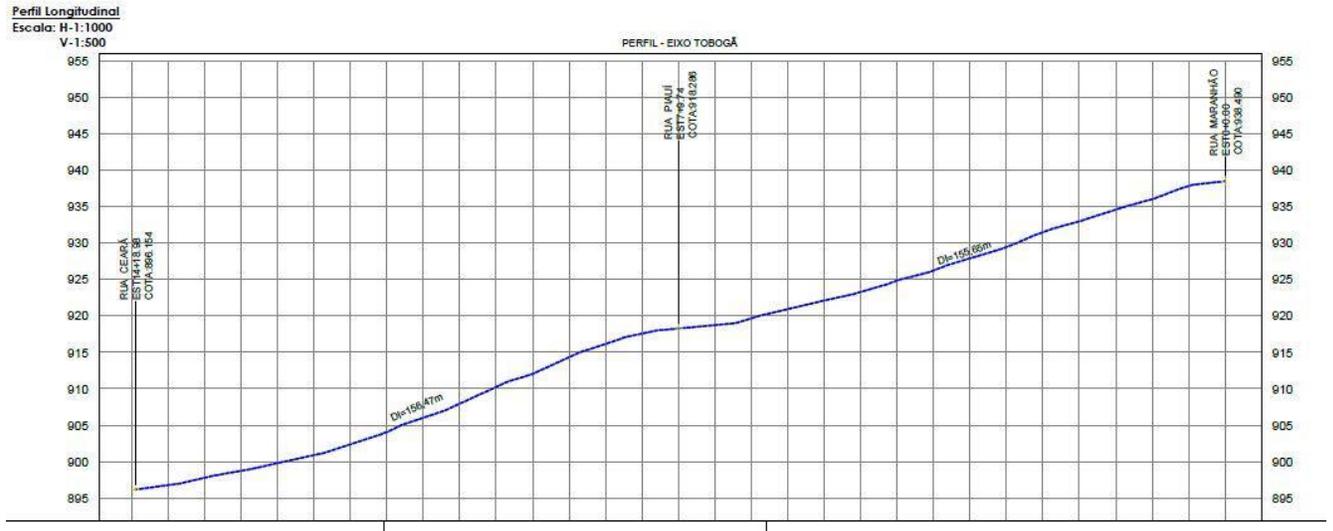
Figura 26 – Planta baixa Avenida do Contorno



Fonte: Relatório de ensaios técnicos (SUDECAP,2019)

Através do perfil longitudinal apresentado abaixo, é possível identificar o greide da via implantado, suas cotas de elevação, distâncias inclinadas, inclinações das rampas etc.

Figura 27 – Perfil longitudinal Avenida do Contorno



Fonte: Relatório de ensaios técnicos (SUDECAP,2019)

## 4.2 Implantação do revestimento tipo SMA

Em junho de 2020, a SUDECAP (Superintendência de Desenvolvimento da Capital), realizou a substituição da camada asfáltica tipo CBUQ faixa “C” CAP 50/70, para a mistura asfáltica com granulometria “descontínua”, conhecida como SMA (*Stone Matrix Asphalt*), a fim de favorecer a segurança viária, em função do melhoramento do atrito entre o pneu e pavimento.

Na Tabela 8, é apresentada a composição granulométrica dos agregados constituintes na mistura asfáltica e também o percentual de cimento asfáltico de petróleo (CAP) aplicado à mistura.

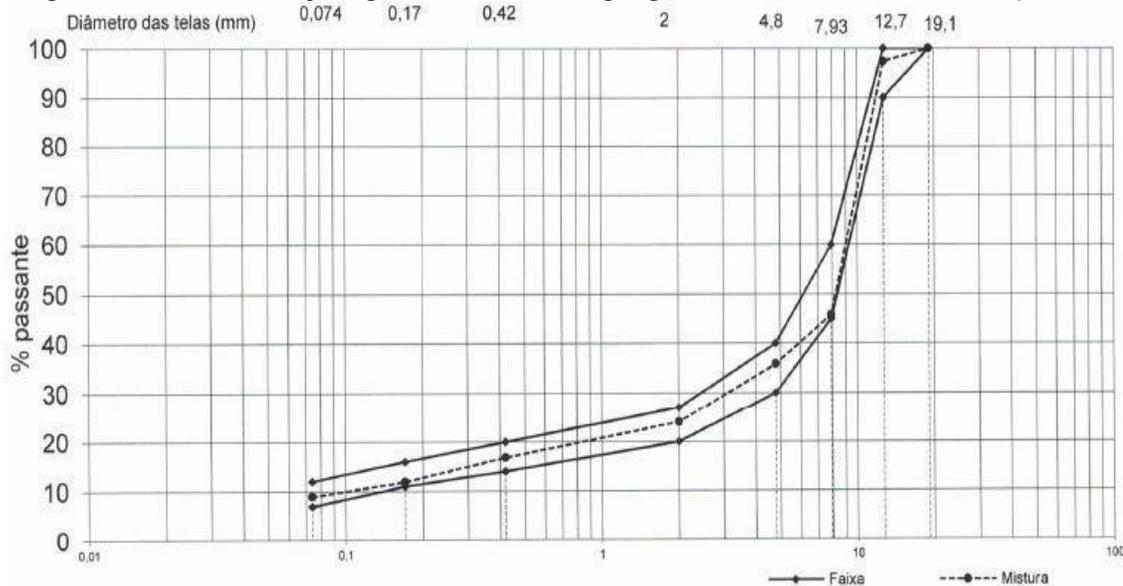
Tabela 8 – Composição da mistura asfáltica tipo SMA

<b>Composição granulométrica - SMA</b>	
Brita Zerão	61,15%
Pó de Gnaisse	11,38%
Pó de Calcário	19,91%
Cal	1,90%
Fibra	0,47%
CAP 60/85	5,20%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

Fonte: Relatório de ensaios técnicos (SUDECAP,2019)

Na figura 28, é apresentada a curva granulométrica enquadrada na Faixa “0-11” da Sudecap.

Figura 28 – Distribuição granulométrica agregados - Mistura asfáltica tipo SMA



Fonte: Relatório de ensaios técnicos (SUDECAP, 2019)

Para a Napa (2002), a principal vantagem do SMA é a longa vida útil proporcionada pela melhor performance deste revestimento em relação a misturas asfálticas convencionais, o que, a longo prazo, reduz os custos com recuperação e reabilitação

do pavimento. Outra vantagem que se pode citar é a melhora do atrito (microtextura) com a superfície e da visibilidade, e também favorece a redução do ruído ao rolamento dos veículos.

Importantes características do material asfáltico apresentados na Tabela 9 devem ser analisados seguindo critérios ou faixas de aceitação determinados por institutos e/ou departamentos de pavimentação nacional e internacional. O enquadramento destes parâmetros, reduz a capacidade do pavimento construído apresentar defeitos antes do período de vida útil determinado em projeto.

Tabela 9 – Características físicas do SMA

<b>SMA (Stone Matrix Asphalt)</b>	
Densidade aparente (g/m <sup>3</sup> )	2,374
Densidade teórica (g/ m <sup>3</sup> )	2,473
VAM (%)	16,26
RBV (%)	75,37
Vazios (%)	4,00
Res. Tração (MPA)	1,36

Fonte: Relatório de ensaios técnicos (SUDECAP, 2019)

Durante duas semanas do mês de junho, foram realizados os procedimentos de fresagem funcional da camada existente, corte com 4cm de profundidade, conforme Figura 27. Em seguida, para ocorrer a aderência entre camadas existentes e a ser aplicada, foi aplicada a emulsão asfáltica tipo RR-1C, tal como na Figura 28.

Figura 29 – Operação fresagem Avenida do Contorno



Fonte: Acervo SUDECAP (2020)

Figura 30 – Aplicação pintura de ligação RR-1C



Fonte: Acervo SUDECAP (2020)

Após o “banho” sobre a superfície com emulsão, o revestimento tipo SMA foi aplicado com espessura de camada compactada de 4cm, conforme Figura 31.

Figura 31 – Compactação em pista Mistura tipo SMA



Fonte: Acervo SUDECAP (2020)

#### 4.3 Ensaios de macrotextura e microtextura

Após dois anos da implantação do SMA (*Stone Matrix Asphalt*), em agosto de 2022, foram realizados os ensaios de macrotextura e microtextura, pelos métodos de mancha de areia (ASTM E965-15,2018), e pêndulo Britânico (ASTM E303-93,2018).

Os pontos de ensaios, tanto para o de macrotextura quanto para o de microtextura, foram organizados da seguinte forma:

- Rampa 1 – próximo ao número n° 5326, antes da esquina com a Rua Piauí – Pista Direita/Esquerda, Faixas 1/2/3, Trilha de roda externa.
- Rampa 2 – próximo ao número n° 5404 depois da esquina com a Rua Piauí – Pista Direita/Esquerda, Faixa 1, trilha de roda externa.

Figura 32 – Referências dos ensaios de Macrotextura e Microtextura



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Para a avaliação da macrotextura da camada asfáltica SMA, em todas as etapas de trabalho foram realizados os ensaios de Mancha de Areia (ASTM E965-15,2018), conforme figura a seguir.

Figura 33 – Ensaio de mancha de areia



Fonte: Acervo SUDECAP (2022)

Deste ensaio, é obtido, em cinco posições diferentes para cada faixa de rolamento, o diâmetro da Mancha de Areia. O diâmetro médio  $D_m$  é o resultado da média obtida pelas cinco medições. A altura da mancha de areia ( $H_m$ ) é expressa conforme equação 2:

$$H_m = 4V / \pi D^2 \quad (2)$$

Onde:  $H$  = Espessura média da macrotextura do pavimento, mm;

$V$  = Volume da areia, mm<sup>3</sup>; e

$D$  = Diâmetro médio da área recoberta pela areia, mm.

Para a avaliação da microtextura, foram realizadas cinco medidas de coeficiente de atrito (VRD) próximos aos pontos onde foram realizados os ensaios de macrotextura. O método empregado foi o do Pêndulo Britânico (figura 34) e o procedimento está recomendado pela norma ASTM E 303, 1993 (*Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester*).

Figura 34 – Ensaio Pêndulo Britânico



Fonte: Acervo SUDECAP (2022)

Esse ensaio é considerado dinâmico e de impacto e consiste em mensurar a perda de energia quando a sapata de borracha do pêndulo desliza sobre a superfície de teste. O equipamento pode ser utilizado tanto em laboratório quanto em campo (em superfícies planas), e os valores mensurados representam o BPN (*British Pendulum Tester Number*) (ASTM – E303-93).

O valor BPN é obtido diretamente pelo ponteiro de arrasto. Quanto maior for o atrito entre o pêndulo e a superfície testada, menor será o movimento do pêndulo e maior será o valor de BPN.

Com a realização dos ensaios de textura (macrotextura e microtextura), conforme mencionado anteriormente, estão apresentados a seguir os resultados obtidos:

Tabela 10 – Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 01 - Pista Direita - Faixa 1

OBRA:	BELO HORIZONTE/MG	POSIÇÃO	RAMPA 01	REVESTIMENTO	S M A	
TRECHO:	AVENIDA DO CONTORNO	OPERADOR:	MARCO ANTONIO			
ESTACA / FURO/ PONTO	1	2	3	4	5	
PISTA	PISTA DIREITA					
FAIXA	1	1	1	1	1	
POSIÇÃO - TRI - TER	T R E	T R E	T R E	T R E	T R E	
FOTO Nº	-	-	-	-	-	
Ø MANCHA (cm)	25	25	25	25	25	
ÁREA MANCHA (cm <sup>2</sup> )	490,88	490,88	490,88	490,88	490,88	
VOLUME DA AREIA (cm <sup>3</sup> )	25	25	25	25	25	
ALTURA DA AREIA - HS	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	
TEXTURA SUPERFICIAL	Média	Média	Média	Média	Média	
CLASSE RESIST. DERRAPAGEM	Medianamente Rugosa					
MACRO TEXTURA	Média	Média	Média	Média	Média	
COEFICIENTE	CAL					
	VRD	54	62	62	54	58

Fonte: Relatório de Serviços (SUDECAP, 2022)

Tabela 11 – Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 01- Pista Direita - Faixa 2

OBRA:	BELO HORIZONTE/MG	POSIÇÃO	RAMPA 01	REVESTIMENTO	S M A	
TRECHO:	AVENIDA DO CONTORNO	OPERADOR:	MARCO ANTONIO			
ESTACA / FURO/ PONTO	1	2	3	4	5	
PISTA	PISTA DIREITA					
FAIXA	2	2	2	2	2	
POSIÇÃO - TRI - TER	T R E	T R E	T R E	T R E	T R E	
FOTO N°	-	-	-	-	-	
Ø MANCHA (cm)	17	17	17	17	17	
ÁREA MANCHA (cm <sup>2</sup> )	226,98	226,98	226,98	226,98	226,98	
VOLUME DA AREIA (cm <sup>3</sup> )	25	25	25	25	25	
ALTURA DA AREIA - HS	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
TEXTURA SUPERFICIAL	Grosseira ou aberta					
CLASSE RESIST. DERRAPAGEM	Mediante Rugosa					
MACRO TEXTURA	Média	Média	Média	Média	Média	
COEFICIENTE	CAL					
	VRD	60	50	54	54	54

Fonte: Relatório de Serviços (SUDECAP, 2022)

Tabela 12 – Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 01- Pista Direita - Faixa 3

OBRA:	BELO HORIZONTE/MG	POSIÇÃO	RAMPA 01	REVESTIMENTO	S M A	
TRECHO:	AVENIDA DO CONTORNO	OPERADOR:	MARCO ANTONIO			
ESTACA / FURO/ PONTO	1	2	3	4	5	
PISTA	PISTA DIREITA					
FAIXA	3	3	3	3	3	
POSIÇÃO - TRI - TER	T R E	T R E	T R E	T R E	T R E	
FOTO N°	-	-	-	-	-	
Ø MANCHA (cm)	14	14	14	14	14	
ÁREA MANCHA (cm <sup>2</sup> )	153,94	153,94	153,94	153,94	153,94	
VOLUME DA AREIA (cm <sup>3</sup> )	25	25	25	25	25	
ALTURA DA AREIA - HS	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	
TEXTURA SUPERFICIAL	Muito Grosseira ou aberta					
CLASSE RESIST. DERRAPAGEM	Pouco Rugosa	Mediante Rugosa	Mediante Rugosa	Mediante Rugosa	Mediante Rugosa	
MACRO TEXTURA	Fechada	Média	Média	Média	Média	
COEFICIENTE	CAL					
	VRD	40	50	44	50	52

Fonte: Relatório de Serviços (SUDECAP, 2022)

Tabela 13 – Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 01- Pista Esquerda-Faixa 1

<b>OBRA:</b>	BELO HORIZONTE/MG	<b>POSIÇÃO</b>	RAMPA 01	<b>REVESTIMENTO</b>	S M A	
<b>TRECHO:</b>	AVENIDA DO CONTORNO	<b>OPERADOR:</b>	MARCO ANTONIO			
<b>ESTACA / FURO/ PONTO</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>PISTA</b>		P. ESQUERDA	PISTA DIREITA	PISTA DIREITA	PISTA DIREITA	PISTA DIREITA
<b>FAIXA</b>		1	1	1	1	1
<b>POSIÇÃO - TRI - TER</b>		T R E	T R E	T R E	T R E	T R E
<b>FOTO Nº</b>		-	-	-	-	-
<b>Ø MANCHA (cm)</b>		21	21	21	21	21
<b>ÁREA MANCHA (cm<sup>2</sup>)</b>		346,36	346,36	346,36	346,36	346,36
<b>VOLUME DA AREIA (cm<sup>3</sup>)</b>		25	25	25	25	25
<b>ALTURA DA AREIA - HS</b>		0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
<b>TEXTURA SUPERFICIAL</b>		Média	Média	Média	Média	Média
<b>CLASSE RESIST. DERRAPAGEM</b>		Rugosa	Rugosa	Rugosa	Rugosa	Média
<b>MACRO TEXTURA</b>						
<b>COEFICIENTE</b>	<b>CAL</b>					
	<b>VRD</b>	72	70	70	66	68

Fonte: Relatório de Serviços (SUDECAP, 2022)

Tabela 14 – Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 01 - Pista Esquerda - Faixa 2

<b>OBRA:</b>	BELO HORIZONTE/MG	<b>POSIÇÃO</b>	RAMPA 01	<b>REVESTIMENTO</b>	S M A	
<b>TRECHO:</b>	AVENIDA DO CONTORNO	<b>OPERADOR:</b>	MARCO ANTONIO			
<b>ESTACA / FURO/ PONTO</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>PISTA</b>		P. ESQUERDA				
<b>FAIXA</b>		2	2	2	2	2
<b>POSIÇÃO - TRI - TER</b>		T R E	T R E	T R E	T R E	T R E
<b>FOTO Nº</b>		-	-	-	-	-
<b>Ø MANCHA (cm)</b>		18	18	18	18	18
<b>ÁREA MANCHA (cm<sup>2</sup>)</b>		254,47	254,47	254,47	254,47	254,47
<b>VOLUME DA AREIA (cm<sup>3</sup>)</b>		25	25	25	25	25
<b>ALTURA DA AREIA - HS</b>		0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
<b>TEXTURA SUPERFICIAL</b>		Grosseira ou aberta				
<b>CLASSE RESIST. DERRAPAGEM</b>		Rugosa	Rugosa	Rugosa	Rugosa	Rugosa
<b>MACRO TEXTURA</b>		Grosseira ou aberta				
<b>COEFICIENTE</b>	<b>CAL</b>					
	<b>VRD</b>	70	70	70	74	68

Fonte: Relatório de Serviços (SUDECAP, 2022)

Tabela 15 – Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 01 - Pista Esquerda -Faixa 3

OBRA:	BELO HORIZONTE/MG	POSIÇÃO	RAMPA 01	REVESTIMENTO	S M A	
TRECHO:	AVENIDA DO CONTORNO	OPERADOR:	MARCO ANTONIO			
ESTACA / FURO/ PONTO		1	2	3	4	5
PISTA		P. ESQUERDA				
FAIXA		3	3	3	3	3
POSIÇÃO - TRI - TER		T R E	T R E	T R E	T R E	T R E
FOTO N°		-	-	-	-	-
Ø MANCHA (cm)		20	20	20	20	20
ÁREA MANCHA (cm <sup>2</sup> )		314,16	314,16	314,16	314,16	314,16
VOLUME DA AREIA (cm <sup>3</sup> )		25	25	25	25	25
ALTURA DA AREIA - HS		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
TEXTURA SUPERFICIAL		Média	Média	Média	Média	Média
CLASSE RESIST. DERRAPAGEM		Medianamente Rugosa				
MACRO TEXTURA		Média	Média	Média	Média	Média
COEFICIENTE	CAL					
	VRD	54	54	56	56	56

Fonte Relatório de Serviços (SUDECAP, 2022)

Tabela 16 – Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 02 - Pista Direita - Faixa 1

OBRA:	BELO HORIZONTE/MG	POSIÇÃO	RAMPA 02	REVESTIMENTO	S M A	
TRECHO:	AVENIDA DO CONTORNO	OPERADOR:	MARCO ANTONIO			
ESTACA / FURO/ PONTO		1	2	3	4	5
PISTA		PISTA DIREITA				
FAIXA		1	1	1	1	1
POSIÇÃO - TRI - TER		T R E	T R E	T R E	T R E	T R E
FOTO N°		-	-	-	-	-
Ø MANCHA (cm)		17	17	17	17	17
ÁREA MANCHA (cm <sup>2</sup> )		226,98	226,98	226,98	226,98	226,98
VOLUME DA AREIA (cm <sup>3</sup> )		25	25	25	25	25
ALTURA DA AREIA - HS		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
TEXTURA SUPERFICIAL		Grosseira ou aberta				
CLASSE RESIST. DERRAPAGEM		Muito Rugosa				
MACRO TEXTURA						
COEFICIENTE	CAL					
	VRD	110	107	110	108	106

Fonte: Relatório de Serviços (SUDECAP, 2022)

Tabela 17 – Ensaio Macrotextura e Microtextura Rampa 02 - Pista Esquerda - Faixa 1

<b>OBRA:</b>	BELO HORIZONTE/MG	<b>POSIÇÃO</b>	RAMPA 02	<b>REVESTIMENTO</b>	S M A	
<b>TRECHO:</b>	AVENIDA DO CONTORNO	<b>OPERADOR:</b>	MARCO ANTONIO			
<b>ESTACA / FURO/ PONTO</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>PISTA</b>		P. ESQUERDA	PISTA DIREITA	PISTA DIREITA	PISTA DIREITA	PISTA DIREITA
<b>FAIXA</b>		1	1	1	1	1
<b>POSIÇÃO - TRI - TER</b>		T R E	T R E	T R E	T R E	T R E
<b>FOTO Nº</b>		-	-	-	-	-
<b>Ø MANCHA (cm)</b>		<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>ÁREA MANCHA (cm<sup>2</sup>)</b>		176,72	176,72	176,72	176,72	176,72
<b>VOLUME DA AREIA (cm<sup>3</sup>)</b>		25	25	25	25	25
<b>ALTURA DA AREIA - HS</b>		1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
<b>TEXTURA SUPERFICIAL</b>		Média	Média	Média	Média	Média
<b>CLASSE RESIST. DERRAPAGEM</b>		Rugosa	Rugosa	Rugosa	Rugosa	Média
<b>MACRO TEXTURA</b>						
<b>COEFICIENTE</b>	<b>CAL</b>					
	<b>VRD</b>	64	70	64	66	62

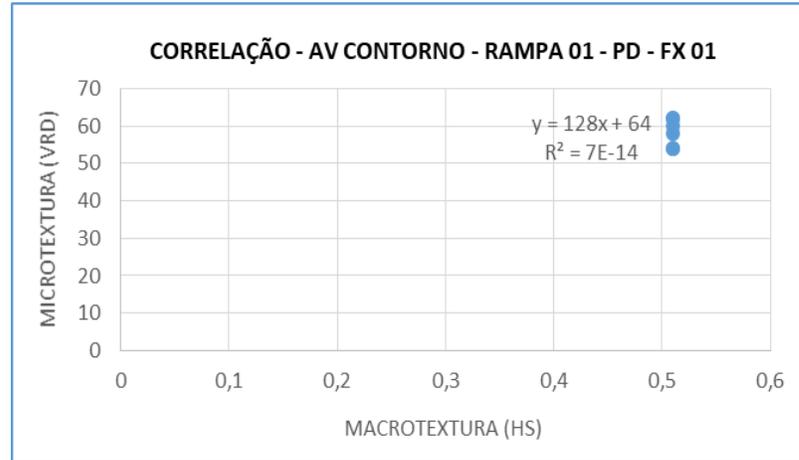
Fonte: Relatório de Serviços (SUDECAP, 2022)

O conjunto de dados apresentados é composto pelos resultados dos ensaios de macrotextura e microtextura, totalizando quarenta valores para HS (Altura de areia) e quarenta valores para VRD ou BPN (Valor de resistência à derrapagem). Entende-se que para alcançar o objetivo de obter resultados na correlação entre as variáveis de textura, o conjunto de dados disponível será analisado para uma conclusão definitiva, que será identificada no decorrer desta pesquisa.

Quanto à qualidade desse conjunto de dados, verifica-se que é proveniente de uma empresa especializada na execução de ensaios em pavimentos contratada pela SUDECAP (Superintendência de Desenvolvimento da Capital), que possui larga experiência em padronização de serviços, conforme normas nacionais e internacionais e equipamentos calibrados.

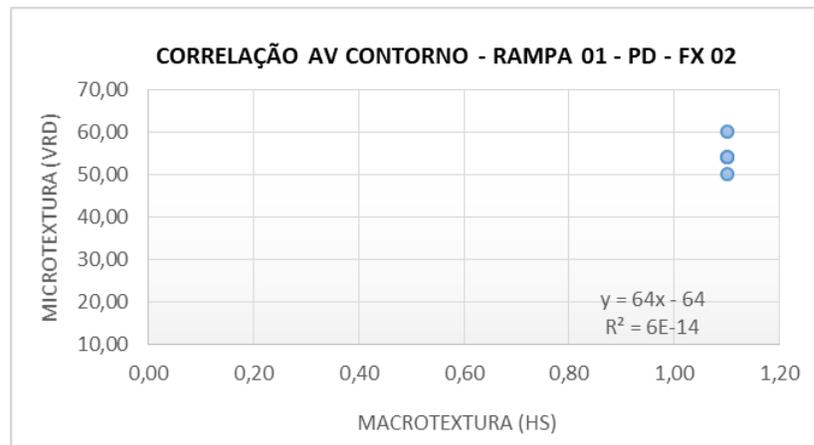
Portanto, para apresentar os resultados da correlação linear pelo método Pearson entre as variáveis de macrotextura e microtextura, estão apresentados na sequência os respectivos gráficos das análises por rampas e faixas de rolamento do Tobogã da Savassi.

Figura 35 - Regressão linear ensaio 1



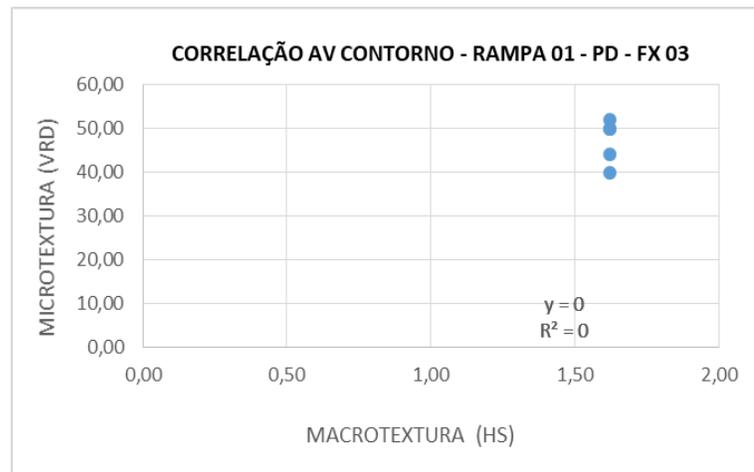
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 36 - Regressão linear ensaio 2



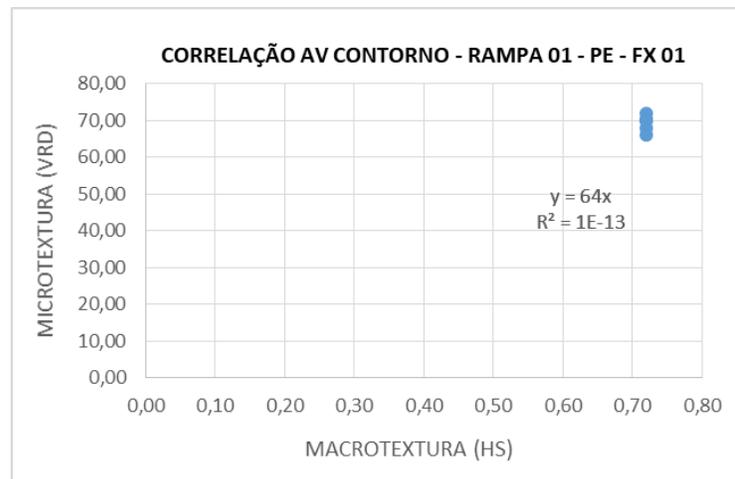
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 37 - Regressão linear ensaio 3



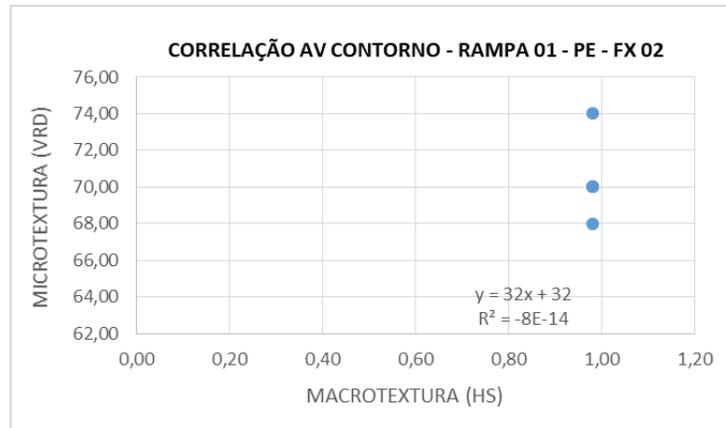
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 38 - Regressão linear ensaio 4



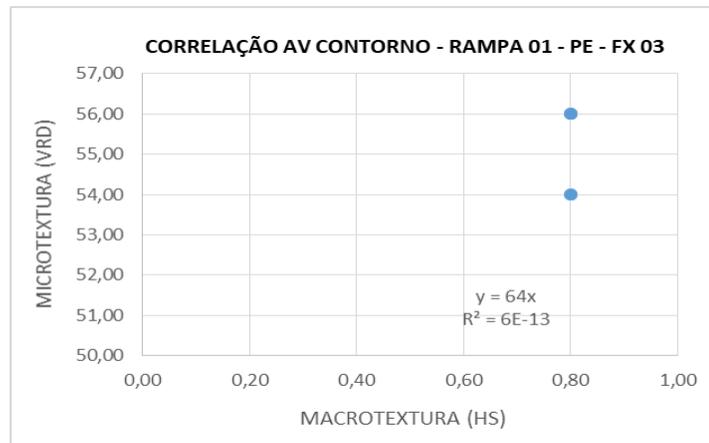
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 39 - Regressão linear ensaio 5



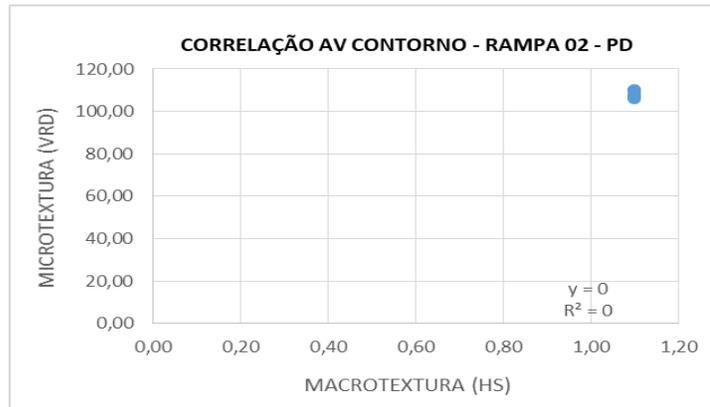
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 40 - Regressão linear ensaio 6



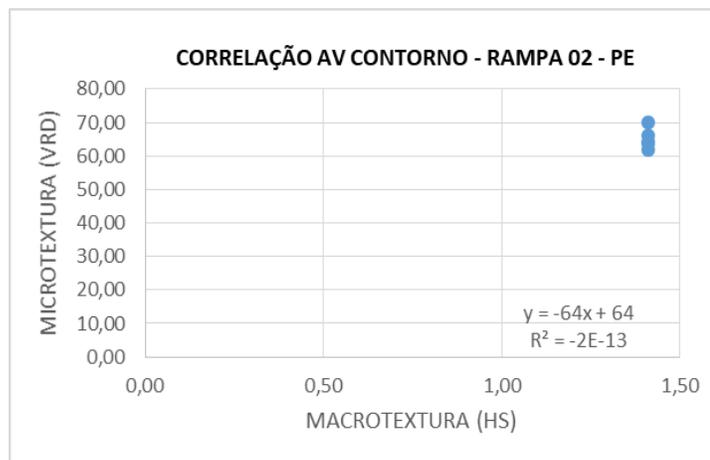
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 41- Regressão linear ensaio 7



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 42 - Regressão linear ensaio 8



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Diante da coleta dos dados de ensaios apresentados nas figuras 35 a 42, foi possível perceber que os resultados de macrotextura (HS), que representa a coordenada X nas análises de correlação, se manteve constante em todos os cinco pontos do ensaio. Em sequência, os gráficos de correlação linear (Pearson) foram desenvolvidos e concluiu-se que as análises feitas isoladamente por faixas de rolamento não se mostraram eficazes diante da constância da variável X (Macrotextura). Como exemplo, os gráficos apresentados anteriormente possuem, na sua coordenada X, o valor constante de Altura de Areia (HS). Já os valores de microtextura (VRD) tiveram sua variação tanto positiva quanto negativamente, conforme apresentado no eixo Y.

Portanto, para analisar a correlação entre os parâmetros de textura entre as diferentes rampas e faixas de rolamento, foi obtida a média dos cinco valores de Altura de areia (macrotextura) e do Valor de resistência à derrapagem (VRD-microtextura) coletados para cada faixa de rolamento/rampa, conforme gráfico apresentado na Tabela 18 a seguir:

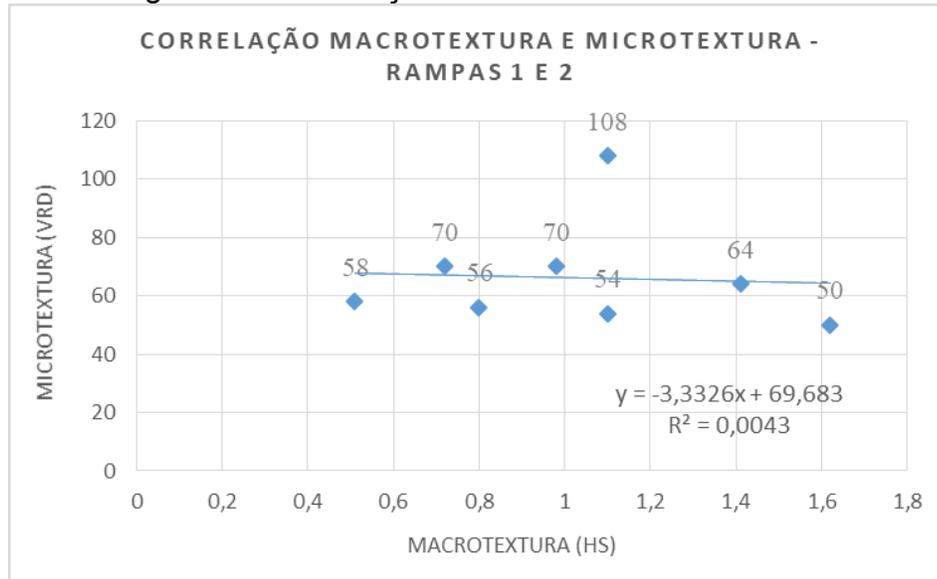
Tabela 18 - Dados dos ensaios de textura do trecho de estudo

SEGMENTO	MANCHA DE AREIA HS(mm) – MÉDIA	VALOR DE RESISTÊNCIA A DERRAPAGEM (MÉDIA)
AV CONTORNO - RAMPA 01 - PD - FX 01	0,51	58
AV CONTORNO - RAMPA 01 - PD - FX 02	1,1	54
AV CONTORNO - RAMPA 01 - PD - FX 03	1,62	50
AV CONTORNO - RAMPA 01 - PE - FX 01	0,72	70
AV CONTORNO - RAMPA 01 - PE - FX 02	0,98	70
AV CONTORNO - RAMPA 01 - PE - FX 03	0,8	56
AV CONTORNO - RAMPA 02 – PD	1,1	108
AV CONTORNO - RAMPA 02 – PE	1,41	64
<b>DESVIO PADRÃO</b>	0,3634	18,3751

Fonte: elaborado pelo autor (2024)

A homogeneização dos dados coletados em cada faixa de rolamento é necessária para que se tenha informação representativa daquele ponto onde foram realizados os ensaios de macrotextura e microtextura. A dispersão dos dados foi representada pelo desvio padrão, que se demonstrou mais homogêneo para a variável de Mancha de Areia (HS) por estar mais próximo de 0, enquanto que para a variável de microtextura (VRD ou BPN) a variação foi superior a 18. Conforme tabela demonstrada, com o conjunto de 8 valores de macrotextura e os outros 8 de microtextura, foi desenvolvido o gráfico de correlação linear do trecho da Av. do Contorno, especificamente no trecho do Tobogã da Savassi.

Figura 43 - Correlação macrotextura x microtextura



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Conforme gráfico (figura 43), é possível identificar que os valores de microtextura (eixo y) possuem um comportamento heterogêneo na medida em que a variável X é crescente. Com o desenvolvimento da equação de regressão linear no próprio programa Excel, conclui-se que a interação entre estes dados resulta em uma equação decrescente (variável X negativa) e o valor do coeficiente de Pearson resultante é de  $R^2=0,0043$ , igual a  $\rho= 0,0655$ , valor que demonstra ser positivo, mas com baixa intensidade, corroborando com a afirmação de Johnson e Bhattacharyya (2109) que diz que quando  $\rho$  está próximo a 0 indica que há correlação fraca, ou ainda, que não há correlação.

Em seguida, somente os dados referentes a rampa 1 foram selecionados, conforme tabela abaixo:

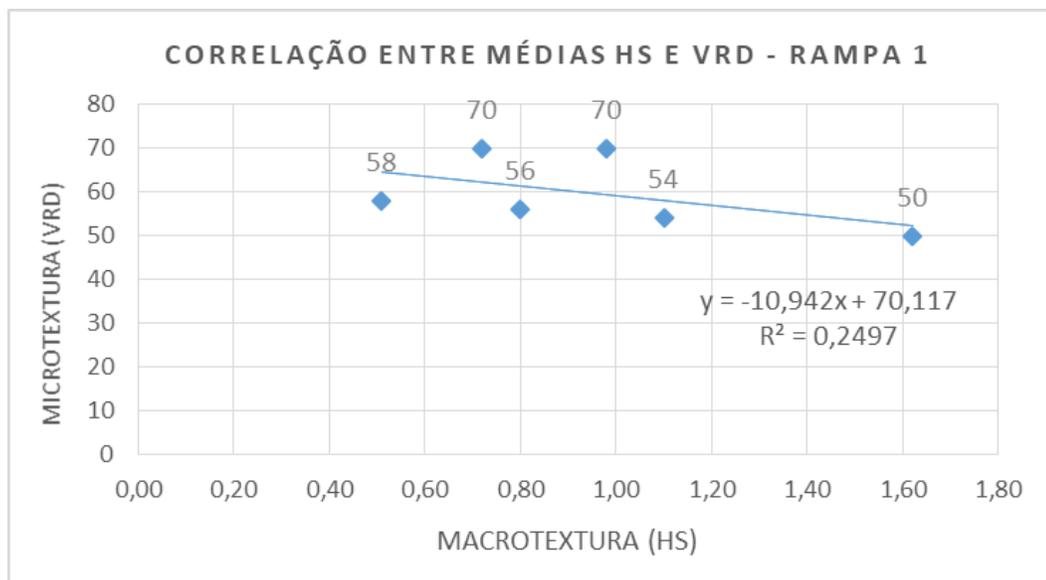
Tabela 19 - Dados dos ensaios de textura rampa 1

SEGMENTO	MANCHA DE AREIA HS(mm) - MÉDIA	VALOR DE RESISTÊNCIA A DERRAPAGEM (MÉDIA)
AV CONTORNO - RAMPA 01 - PD - FX 01	0,51	58
AV CONTORNO - RAMPA 01 - PD - FX 02	1,10	54
AV CONTORNO - RAMPA 01 - PD - FX 03	1,62	50
AV CONTORNO - RAMPA 01 - PE - FX 01	0,72	70
AV CONTORNO - RAMPA 01 - PE - FX 02	0,98	70
AV CONTORNO - RAMPA 01 - PE - FX 03	0,80	56

Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Conforme Figura 44, a equação de regressão linear é decrescente, semelhante ao gráfico anterior (correlação entre rampas 1 e 2). Contudo, é possível identificar que quando a variável X está crescente, o valor da variável Y tende a ser menor. Esse fato é representado pela inclinação da reta do gráfico.

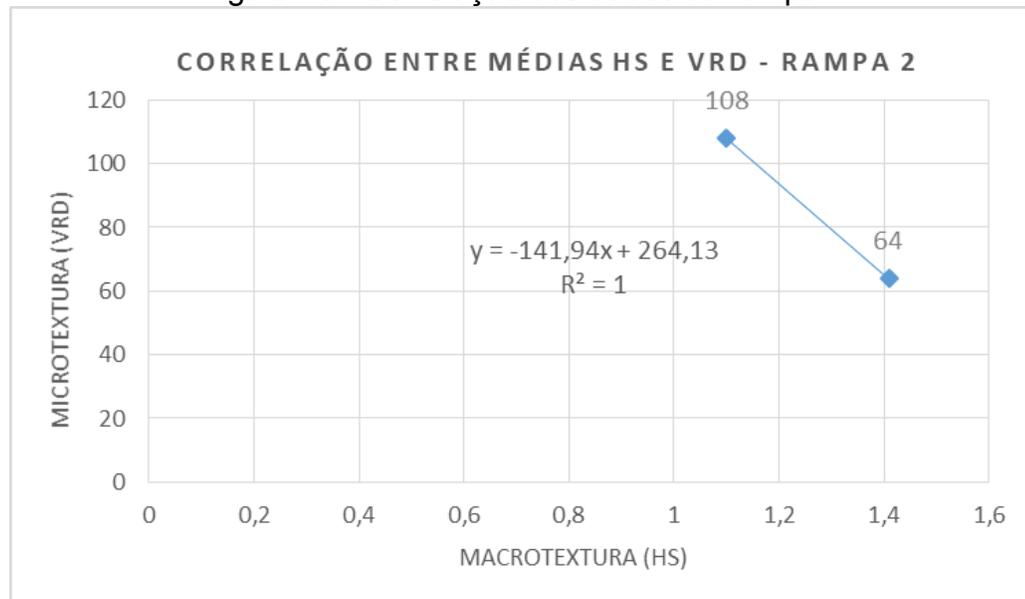
Figura 44 - Correlação dados rampa 1



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Já a interação entre as variáveis se mostrou neutra e positiva, em função do valor do coeficiente de Pearson ser igual a  $\rho = 0,4996$ , valor aproximado a 0,5.

Figura 45 - Correlação dos dados da rampa 2



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Pode-se perceber que a correlação dos dados de macrotextura e microtextura do gráfico apresentou ser positiva e de forte intensidade linear ( $\rho = 1$ ), em razão dos valores da microtextura ser inversamente proporcional à macrotextura do pavimento. Nesta análise, foram utilizados dois conjuntos de pares de dados sendo necessário futuramente realizar novos ensaios no mesmo local, porém com uma amostragem mais significativa, a fim de obter uma conclusão mais assertiva sobre esta correlação.

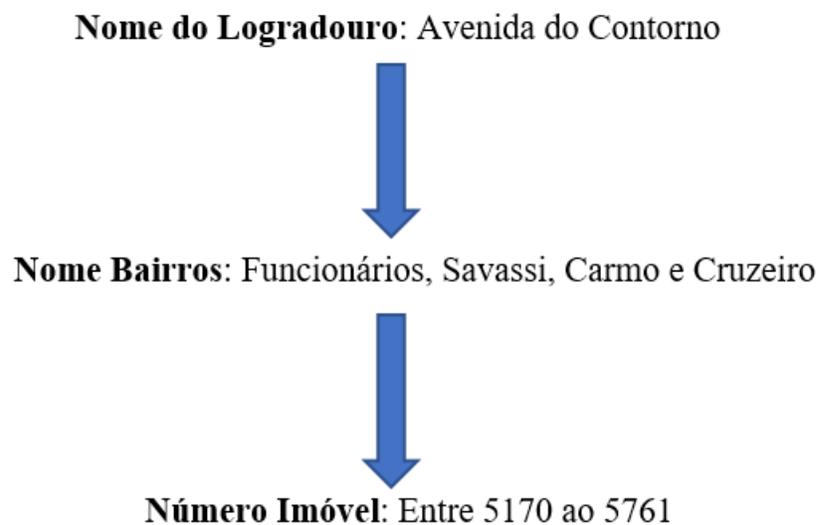
#### 4.4 Sinistros de trânsito no segmento da pesquisa

Com o objetivo de complementar o estudo de correlação entre os parâmetros de macrotextura e microtextura, a análise de sinistros de trânsito no trecho de estudo foi realizada. No portal web da BHTRANS (Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte), está disponível, em dados abertos, diversas informações relacionadas a acidentes, trânsito, sinistros, boletim de ocorrência etc.

Para esta pesquisa, o item "Relação dos logradouros dos locais de acidentes com vítimas", foi utilizado, pois é a partir dele que será possível identificar o quantitativo de

ocorrências entre os períodos dos anos de 2011 a 2022. O importante desta coleta é ter uma interpretação sobre a implantação do SMA (*Stone Matrix Asphalt*), na via de estudo, e suas consequências para a segurança viária. Para a identificação da frequência de sinistros, em cada planilha do ano referente, foram aplicados os seguintes filtros:

Figura 46 – Sequência para coleta de ocorrências de sinistros



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Com os filtros realizados conforme sequência adotada, estão quantificados na tabela abaixo as frequências de sinistros de trânsito no Tobogã da Savassi.

Tabela 20 – Panorama de ocorrências de sinistros de trânsito no Tobogã da Savassi

**SINISTROS DE TRÂNSITO - AVENIDA DO CONTORNO,  
TOBOGÃ DA SAVASSI**

<b>ANO</b>	<b>Nº DE OCORRÊNCIAS</b>
2011	13
2012	10
2013	11
2014	14
2015	6
2016	6
2017	11
2018	10
2019	18
1º SEMESTRE - ANTES DA OBRA/2020	2
<b>PÓS APLICAÇÃO DO SMA</b>	
2º SEMESTRE - DEPOIS DA OBRA/2020	0
2021	7
2022	10

**TOTAL DE SINISTROS 118**

Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Em 2011, foram registradas 13 ocorrências de sinistros, quantitativo que permaneceu similar nos anos seguintes, até o ano de 2014. Em 2015 e 2016, o número de sinistros obteve uma queda de mais de 50% quando comparado aos anos anteriores. Esse fato, até o momento da pesquisa, não foi explicado pela BHTRANS, o que levou ao tratamento dos dados de 2015 a 2016 de forma isolada. A evolução dos sinistros de 2017 a 2019 registrou 11, 10 e 18 ocorrências, respectivamente.

Conforme a ABNT (2020), norma de número 10697, existem diversos fatores geradores de sinistros de trânsito, como: humano, operacional, veicular, viário etc. No início de 2020, a OMS (2020) caracterizou o confronto com o vírus Covid-19 como uma pandemia, e um dos protocolos preventivos recomendados foi o distanciamento social,

redução de circulação de pessoas e o incentivo ao trabalho remoto. Essas medidas impactaram fortemente o tráfego de veículos, conforme estudo do BID (2020), que identificou que o tráfego de veículos durante o isolamento social na pandemia do COVID-19 diminuiu, em média, 60% no Brasil, e 65% em Belo Horizonte.

Identificou-se que no ano de 2020, período anterior à execução do SMA no Tobogã da Savassi, foram registrados dois sinistros, e de agosto (mês da obra) até o fim de 2020 não houveram ocorrências, dados positivos quando comparados aos registros dos anos anteriores, porém com a possibilidade de serem fortemente influenciados pela pandemia do COVID-19. Em 2021, a pandemia ainda em curso e restrições recomendadas pela OMS (2020), a evolução de sinistros na Avenida do Contorno teve um decréscimo quando comparado aos anos anteriores (sem SMA). Já em 2022, o quantitativo de sinistros permaneceu em 10 ocorrência, quantitativo médio dos anos pré implantação do SMA.

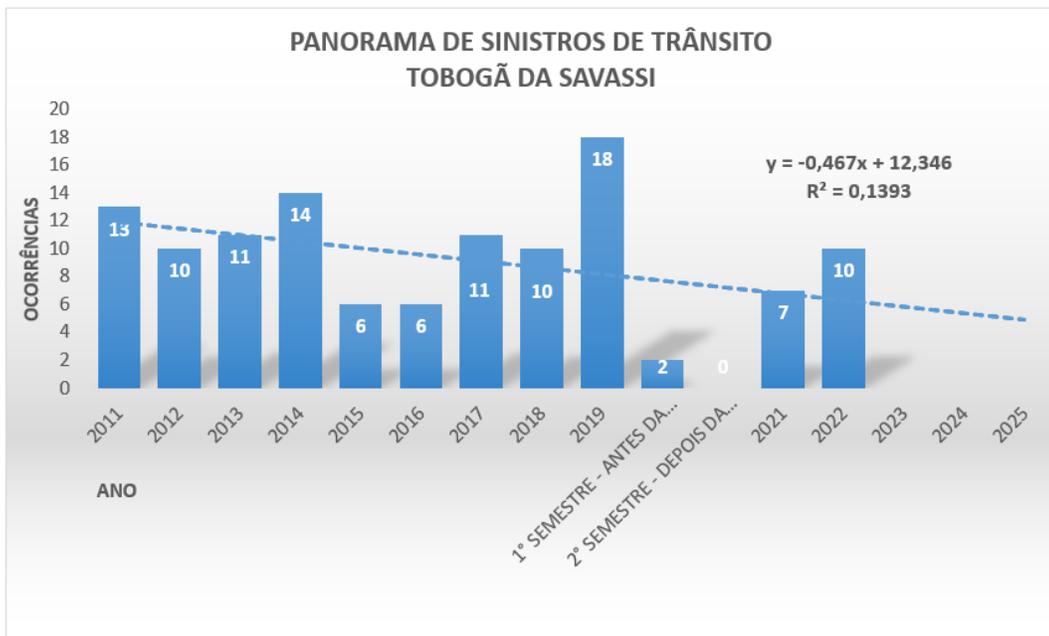
Em resumo, o quantitativo total de sinistros entre os anos de 2011 a 2022 foi de 118 ocorrências. A média de sinistros nos anos pré-intervenção do SMA apresentou um valor médio de 11 sinistros por ano. Já a análise realizada nos anos pós-implantação do SMA resultou no valor de 7 sinistros por ano, uma redução de 36% na frequência de sinistros de trânsito em números absolutos.

Para obter um índice real para avaliação, foi solicitado à BHTRANS o volume de tráfego entre os anos de 2011 a 2022 para que fosse elaborado o índice acidente/veículo por ano. Espera-se que, devido ao aumento crescente da frota de veículos na cidade de Belo Horizonte, que foi superior a 81% entre os anos de 2011 e 2022, o índice de sinistros de trânsito seja favorável para a segurança viária (IBGE, 2024). Para a Confederação Nacional dos Municípios (2023), os municípios brasileiros têm sofrido com o crescimento exacerbado das frotas de veículos, particularmente de automóveis e motos. Esse cenário aponta para grande risco de constantes paralisações por engarrafamentos e aumento significativo dos sinistros.

#### 4.5 Gráfico de tendência de sinistros de trânsito

No progresso das análises de frequências de sinistros no trecho de estudo está apresentado, na Figura 47, o gráfico de regressão linear correspondente aos dados obtidos entre os anos de 2011 a 2022.

Figura 47 – Gráfico tendência linear para sinistros de trânsito



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Percebe-se que a equação da reta de primeiro grau gerada possui a coordenada independente (variável X) negativa, tornando a inclinação da reta com sentido negativo. Isso fortalece a contribuição da redução do número de ocorrências de sinistros de trânsito a cada ano. Juntamente com a percepção de redução estimada, a interação ou relacionamento entre as variáveis do gráfico X e Y é determinada pela resolução a seguir:  $R^2 = 0,1393$ ;  $\rho$  (Pearson) = 0,37. O valor de Pearson encontrado é positivo, mas com intensidade neutra, por estar próximo a 0,5, e não tão intensa, por não estar próximo a 1.

Conforme mencionado, os dados dos sinistros de 2023 estarão disponibilizados a partir do segundo semestre de 2024, e com o objetivo de prever a evolução das ocorrências nos anos de 2023, 2024 e 2025 foi inserido no gráfico de regressão linear com a expectativa em relação à frequência de sinistros desses anos. Como foi abordado no subcapítulo anterior, a pandemia de Covid-19 reduziu significativamente o tráfego de veículos na cidade de Belo Horizonte e, por isso, as conclusões encontradas no gráfico apresentado serão reavaliadas juntamente com o conjunto de dados de volume de tráfego que será fornecido pela SUDECAP.

O objetivo principal é verificar se os dados de sinistros que serão divulgados são compatíveis com a reta de regressão aqui apresentada. Conforme gráfico, no ano de 2023 a tendência de registro de ocorrências é de 6 ocorrências. Em 2024, a expectativa é de um total de 6 ocorrências, e, no ano de 2025, que a intervenção no Tobogã da Savassi completará 5 anos, a expectativa é apresentar 5 sinistros de trânsito. Esse valor corresponderá a uma redução de 50% no número anual de sinistros em comparação ao período pré-SMA.

#### **4.6 Evolução – questionário aplicado aos motoristas de coletivo urbano**

Em busca de complementar o estudo da análise de sinistros de trânsito, foi aplicado um questionário de caráter qualitativo e quantitativo aos motoristas de transporte coletivo, com a finalidade de identificar se, para eles, a execução do SMA no Tobogã da Savassi resultou em um incremento na segurança viária durante a condução do veículo nas diversas situações (congestionamento, pista molhada, pista seca, etc).

Em pesquisa com a BHTRANS (Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte), as linhas de ônibus que trafegam no trecho em que esta pesquisa foi realizada são:

- Linha SC01A - Empresa Rodopass
- Linhas SC01R e SC01B - Empresa Sandra
- Linha SC04A - Empresa Saritur

- Linha 2152 - Empresa São Lucas

Conforme coleta de informações, as linhas de ônibus sob comando da empresa Sandra são as que possuem maior número de viagens, um quantitativo superior a 65 viagens a cada dia útil, e, aos sábados e domingos/feriados, um número superior a 50 viagens no total. Em razão do quantitativo de viagens realizadas pela viação Sandra, buscou-se entrevistar os respectivos motoristas, totalizando 9 motoristas entrevistados.

Entende-se que o quantitativo de motoristas entrevistados pode ser uma limitação no encontro dos resultados, contudo este conjunto de motoristas compõe o quadro de funcionários que trafegam diariamente no trecho de estudo desta pesquisa há mais de 5 anos, característica fundamental para o objetivo do questionário. A aplicação desse instrumento aos motoristas se deu de forma presencial, na Praça Clemente Faria, no bairro Barro Preto, Belo Horizonte. Inicialmente, foi introduzido a proposta do questionário e, em seguida, a realização das perguntas.

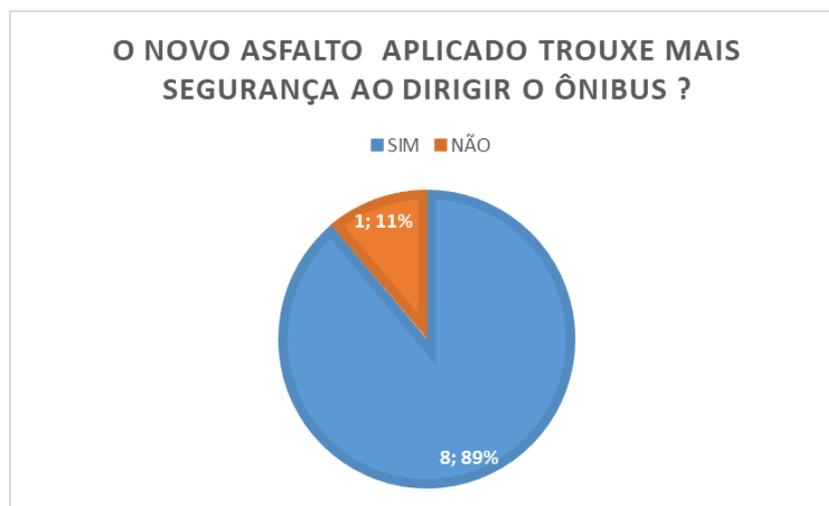
Cerca de 77 % dos motoristas entrevistados (7 motoristas) percorrem diariamente o trecho do Tobogã da Savassi há mais de 10 anos, fato importante para um melhor entendimento sobre a percepção de como era antes e depois da aplicação do SMA (*Stone Matrix Asphalt*) na ótica desses profissionais. Os outros 2 motoristas do grupo de pesquisa trabalham den 5 a 7 anos.

Na continuidade da aplicação do questionário, foi perguntado aos motoristas qual o quantitativo de passageiros que são transportados no momento que estão trafegando sobre o Tobogã da Savassi. A média foi de 54 pessoas por viagem (turno manhã, tarde e noite). Quanto ao período de maior fluxo de veículos, 7 dos 9 motoristas entrevistados indicaram o horário entre às 7:00 horas às 9:00 horas como o que possui volume de veículos muito elevado, propiciando a necessidade de elevar a atenção na condução do veículo, conforme relato de um dos motoristas participantes. O mesmo motorista

(participante de n° 2) diz que “antes da aplicação do SMA, muitos carros pequenos derraparam bastante, principalmente na subida”.

Conforme Figura 48, foi identificado que 8 dos 9 motoristas participantes do questionário possuem a percepção que a execução do SMA no trecho do Tobogã da Savassi trouxe benefícios para a segurança viária.

Figura 48- Análise respostas do questionário



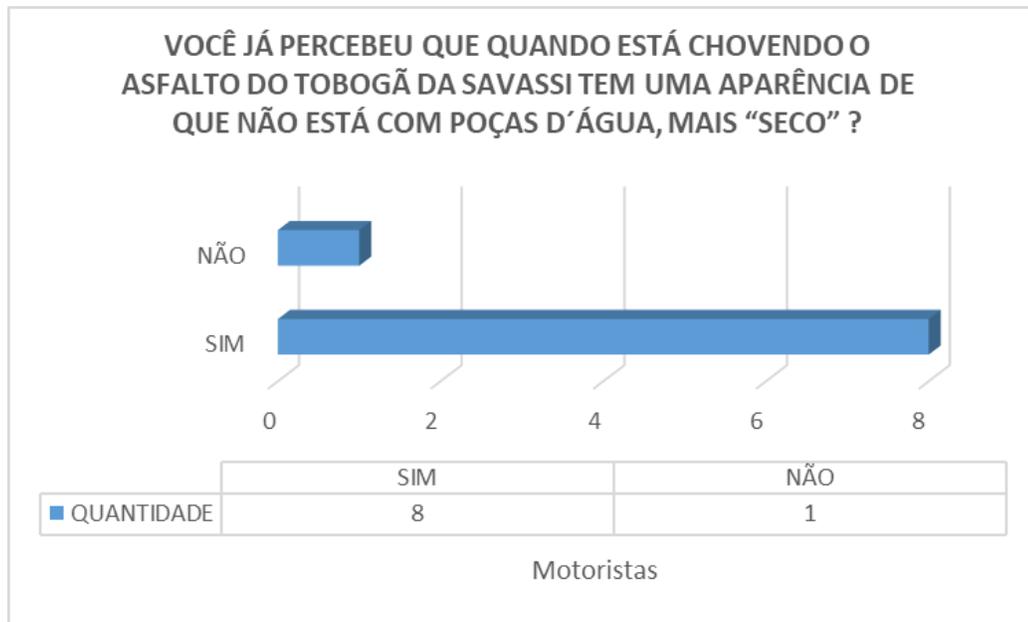
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Corroborando com os dados apresentados no gráfico (Figura 54), o motorista entrevistado de n° 6 citou “que a intervenção no pavimento trouxe mais estabilidade aos veículos”. O entrevistado de n°8 comentou que “o SMA proporciona mais segurança na condução de veículos que transportam pessoas e cargas”. Outro comentário importante de um dos entrevistados (motorista de n° 3) foi que “o SMA trouxe mais segurança principalmente na descida e na subida em dias de chuva, pois, antigamente, patinava muito”.

Conforme as características de textura esperadas na mistura SMA e diante das análises aqui apresentadas, foi questionado aos motoristas entrevistados: “Você já percebeu que quando está chovendo o asfalto do Tobogã da Savassi tem uma aparência que não

está com poças d'água, mais seco?”. As respostas quantitativas estão apresentadas na Figura 49:

Figura 49 - Análise das respostas do questionário



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Conforme Figura 55, 8 dos no 9 motoristas entrevistados afirmam que o SMA aplicado no Tobogã da Savassi em períodos de chuvas possui uma aparência mais “seca”. Característica essa que é influenciada pela macrotextura do SMA, em referência à granulometria ser aberta e proporcionar a redução do efeito de hidroplanagem, segundo Rodrigues Filho (2016), favorecendo assim, a possibilidade de redução de ocorrências de sinistros de trânsito em períodos de chuva no segmento desta pesquisa.

Na pergunta de número 13, foi questionado sobre a opinião dos motoristas quanto à necessidade de implementação de asfaltos que promovem mais aderência entre os pneus e veículos, e um dos entrevistados (motorista de número 2) afirma que “seria muito bom, principalmente nas curvas, subidas, descidas e também em rodovias”. Fortalecendo o princípio da implementação do SMA pela SUDECAP no trecho do

Tobogã da Savassi, o entrevistado (motorista de número 5) diz que a implantação do SMA em outras vias “seria muito interessante, principalmente em morros fortes”.

Na última pergunta, de número 14, os entrevistados são questionados sobre outras melhorias que deveriam ser aplicadas para a melhoria da segurança viária de modo geral. Destaca-se a resposta do entrevistado de número 4, que cita a necessidade “de aplicar asfalto de boa qualidade e sinalização adequada”, corroborando com o estudo de Carvalo *et al.* (2020), que afirma que um dos fatores mais estudados para a redução de acidentes (sinistros de trânsito) são aspectos relacionados às condições de aderência entre pneu e pavimento sob condições climáticas adversas, sinalização e geometria. Já os entrevistados (motoristas de número 8 e 9) destacaram a necessidade de “conscientizar mais os motoristas” e “possuir uma fiscalização de trânsito mais intensa, rigor nas leis de trânsito e uma melhor sinalização”. Todo o questionário aplicado está apresentado no apêndice dessa pesquisa.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo propôs analisar, inicialmente, a correlação entre os parâmetros de macrotextura e microtextura do revestimento asfáltico SMA juntamente com outros estudos complementares em prol de verificar o efeito resultante no número de ocorrências de sinistros de trânsito no segmento de estudo. A correlação entre os parâmetros de textura foi desenvolvida com base nos princípios estatísticos de Pearson, no qual os resultados obtidos mostraram que o relacionamento entre as variáveis é positiva, mas de baixa intensidade ( $0 < \rho \leq 0,5$ ). A ADSR (*Action Design Science Research*) foi a metodologia implementada na pesquisa, que proporcionou integrar etapas para a análise dos resultados no quesito de segurança viária no segmento de estudo.

Em sequência às análises dos objetivos secundários propostos, foi desenvolvido um panorama das ocorrências de sinistros de trânsito entre os anos de 2011 a 2022 com base nos dados obtidos pela BHTRANS. Constatou-se que a média anual de sinistros registrados após aplicação do SMA no Tobogã da Savassi foi 36% menor, em números absolutos, quando comparado ao período sem o revestimento tipo SMA. Com o objetivo de obter um índice real para avaliação, foi solicitado à BHTRANS o volume de tráfego dos anos correspondentes com a finalidade de ser elaborado o índice acidente/veículo por ano. Espera-se que, mesmo com o tráfego de veículos impactado durante a pandemia do Covid-19 (entre os anos de 2020 a 2021), e também pelo aumento crescente da frota de veículos na cidade de Belo Horizonte, que foi superior a mais de 81% entre os anos de 2011 e 2022, o índice de sinistros de trânsito seja favorável para a segurança viária (IBGE, 2024).

Em complemento ao estudo das ocorrências de sinistros de trânsito, desenvolveu-se gráfico de regressão linear com o objetivo de prever o comportamento dos sinistros

para os anos de 2023 a 2025. Verificou-se que a tendência para ocorrências de sinistros em números absolutos é de queda em função da reta do gráfico e da equação apresentada ( $y = -0,467x + 12,346$ ). Espera-se que no ano de 2025, período que completará cinco anos da aplicação do SMA, o número absoluto de sinistros de trânsito seja de cinco ocorrências. Caso essa previsão se confirme, haverá uma redução de 50 % em comparação à média de sinistros no período anterior à implantação do SMA.

Na etapa de evolução do artefato, desenvolveu-se um questionário qualitativo e quantitativo com objetivo de obter as percepções dos motoristas quanto às possíveis melhorias na segurança viária após a substituição do asfalto pelo SMA (*Stone Matrix Asphalt*). Dos motoristas entrevistados, 89% afirmaram que a execução do SMA trouxe ganhos na segurança ao conduzir o veículo, tanto nos períodos de seca quanto, principalmente, em dias chuvosos, pelo fato de o asfalto proporcionar mais estabilidade e redução de poças d'água na superfície do pavimento.

Em vista das percepções coletadas dos motoristas da BHTRANS que trafegam diariamente pelo Tobogã da Savassi, compreende-se que a percepção humana está alinhada aos resultados apresentados sobre a redução do número de sinistros de trânsito em número absolutos após a aplicação do SMA no Tobogã da Savassi. Dessa forma, foi possível identificar a eficácia do artefato elaborado para o desenvolvimento desta pesquisa, que procurou combinar dados técnicos do asfalto, dados de sinistros de trânsito e as percepções dos motoristas para avaliar a melhoria da segurança viária no trecho de estudo após a execução do revestimento tipo SMA.

### **5.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Dentre as limitações deste estudo, destaca-se a pequena amostra de dados de ensaios de macrotextura e microtextura na rampa 2 do Tobogã da Savassi. Esse fato não proporciona uma análise comparativa significativa entre ambas as rampas e faixas de rolamento. Sugere-se que futuros estudos de correlação entre as variáveis de textura

tenham um conjunto maior de dados, para fortalecer a análise dos resultados encontrados nesta pesquisa.

Quanto à coleta das informações dos sinistros de trânsito, recomenda-se que os órgãos responsáveis incluam outras informações que incrementem o estudo da análise de sinistros, tais como: condição climática no momento do sinistro, idade do condutor, relato do motorista, horário do acontecimento do sinistro, tipo/ano do veículo e tempo de habilitação do condutor.

Na etapa de avaliação das respostas coletadas no questionário, entende-se como complemento realizar a pesquisa com os motoristas de automóveis também, por entender que esse grupo de usuários tem uma grande importância na composição do tráfego do Tobogã da Savassi.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. *Highway Safety Manual*. v.1. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2010.
- AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington, EUA, 2001.
- ABPV – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO. Informativo técnico sobre avaliação da resistência à derrapagem através de aparelhagem portátil. *Boletim Técnico*, n. 18, Rio de Janeiro, 1999.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Pesquisas de sinistros de trânsito – terminologia*. Norma Técnica, Rio de Janeiro, 2020.
- ANDRADE. M H. *Noções de projeto de dimensionamento de pavimentos*. Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2005.
- APS, M. Classificação da aderência pneu-pavimento pelo índice combinado IFI – International Friction Index para revestimentos asfálticos. 2006. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes, São Paulo, 2006.
- ARTERIS. Medição da profundidade da macrotextura de pavimentos utilizando técnica volumétrica, Designação Arteris E 965 – 16. *CDT – Centro de Desenvolvimento Tecnológico*, 2016. 06p.
- ATHIAPPAN, K. et al. Prediction modeling of skid resistance and texture depth on flexible pavement for urban roads. *Materials Today: Proceedings*, v. 52, p. 923-929, 2022.
- BALBO, J. T.. *Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BALBO, J. T.. *Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- BAPTISTA, A. H. N. Procedimentos metodológicos para a avaliação da acessibilidade de estruturas de circulação de pedestre com vistas ao projeto de “antropovias”. 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, PPGEP, Recife, 2003.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATI, J. A. P.; SOARES, J. B. *Pavimentação Asfáltica. Formação Básica para Engenheiros*. Petrobras, ABEDA, Rio de Janeiro, 2007.
- BRASIL. CNM. Estudos Técnicos - Análise do impacto da frota de veículos nos Municípios brasileiros. Confederação Nacional dos Municípios, Brasília, 2023.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Normas para a classificação funcional de vias urbanas. Rio de Janeiro, 1974.

BRASIL. DNIT. *Manual de projeto geométrico de travessias urbanas*. Rio de Janeiro: DNIT–Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2010.

BRAVAIS, A. Sur les probabilités des erreurs de situation d'un point [on the probability of errors in the position of a point]. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'Institut de France*, v. 9, p. 255-332, 1846.

CALIENDO, C.; GUIDA, M.; PARISI, A.. A crash-prediction model for multilane roads. *Accident Analysis & Prevention*, v. 39, n. 4, p. 657-670, 2007.

CAMPBELL, C. The use of stone mastic asphalt on aircraft pavements. 1999. Trabalho de conclusão de curso – SEN713 Research/Professional Practice Projects.

CARVALHO, C. H. R. de. Custos dos acidentes de trânsito no Brasil: estimativa simplificada com base na atualização das pesquisas do Ipea sobre custos de acidentes nos aglomerados urbanos e rodovias. 2020.

CARVALHO, F. S.; MACHADO, C. A. S.; BERNUCCI, L. L. B.. Análise da implementação de mistura asfáltica com granulometria do tipo descontínua para redução de acidentes em pista molhada. *Transportes*, v. 28, n. 3, p. 137-151, 2020.

CELAYA, B. J.; HADDOCK, J. E. Investigation of Coarse Aggregate Strength for Use in Stone Matrix Asphalt. *Final Report. FHWA/IN/JTRP*. Purdue University, West Lafayette-IN, p. 73, 2006.

CHEN, Siyu et al. A state-of-the-art review of asphalt pavement surface texture and its measurement techniques. *Journal of Road Engineering*, 2022.

CIVIL, Casa. LEI Nº 10.098, DE 19 DE DEZEMBRO DE 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Brasília-DF, 2000.

COELHO, M. D.. Análise e sugestões para projetos geométricos de rótulas modernas em vias urbanas. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2012.

COMMISSION ON GROWTH AND DEVELOPMENT. *The Growth Report: Strategies for Sustained Growth and Inclusive Development*. Washington DC: World Bank on behalf of the Commission on Growth and Development, 2008.

CORLEY-LAY, J. B. Friction and surface texture characterization of 14 pavement test sections in Greenville, North Carolina. *Transportation Research Record*, v. 1639, n. 1, p. 155-161, 1998.

CORLEY-LAY, J. B.; MASTIN, J. N. Ultrathin Bonded Wearing Course as Pavement Preservation Treatment for Jointed Concrete Pavements. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n. 2005. DOI: 10.3141/2005-02.

DEVULAPALLI, L.; SARANG, G.; KOTHANDARAMAN, S.. Characteristics of aggregate gradation, drain down and stabilizing agents in stone matrix asphalt mixtures: A state of art review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, v. 9, n. 2, p. 167-179, 2022.

DNIT. *Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. IPR. Rio de Janeiro, RJ, 2006.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; MIGUEL, P. A. C.. Uma análise distintiva entre o estudo de caso, a pesquisa-ação e a design science research. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, v. 17, p. 1116-1133, 2015.

FERREIRA, P. N. et al. Avaliação da macrotextura de trechos pavimentados de rodovias estaduais situadas na região insular do município de Florianópolis, 2002.

FRANCISCO, A. P. S. Comportamento Estrutural de Pavimentos Rodoviários Flexíveis. 2012. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Tecnologia e de Gestão Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, SP, 2012.

GAO, Lei et al. Correction of texture depth of porous asphalt pavement based on CT scanning technique. *Construction and Building Materials*, v. 200, p. 514-520, 2019.

GEEDIPALLY, S. Analysis of traffic accidents before and after resurfacing: A statistical approach, 2005.

HALL, J. W. et al. *Guide for pavement friction*. Final Report for NCHRP Project, v. 1, p. 43, 2009.

HEVNER, A. R. et al. Design Science in information systems research. *MIS Quarterly*, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/pesquisa/22/28120?ano=2022>. Acesso em: 24 jan. 2024.

IPEA. Estimativa dos custos dos acidentes de trânsito no Brasil com base na atualização simplificada das pesquisas anteriores do Ipea. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília, 2015.

JOHNSON, R. A.; BHATTACHARYYA, G. K. *Statistics: principles and methods*. John Wiley & Sons, 2019.

KOKKALIS, A.G.; OLYMPIA, K.P. Fractal Evaluation of Pavement Skid Resistance Variations I: Surface Wetting. Thessaloniki, Greece, 1998.

Lüdke, M.; André, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.

LYON, C.; PERSAUD, B.; MERRITT, D. Quantifying the safety effects of pavement friction improvements – results from a large-scale study. *International Journal of Pavement Engineering*, v. 19, n. 2, p. 145-152, 2018. DOI: 10.1080/10298436.2016.1172709.

PERES, R.; SILVA, G. T. da; MERIGHI, J. V.. Influência da Natureza da Superfície de contato na geração de aderência nos pavimentos aeroportuários. *V Jornadas Luso-Brasileiras de Pavimentos*, 2006.

KOGBARA, R. B. et al. A state-of-the-art review of parameters influencing measurement and modeling of skid resistance of asphalt pavements. *Construction and Building Materials*, v. 114, p. 602-617, 2016.

MARIA, D. D.; KOTZ, S.. *Correlation and dependence*. World Scientific, 2001.

MINAYO, M. C. S.; SANCHES, O. Quantitativo-Qualitativo: oposição ou complementaridade?. *Caderno de Saúde Pública*, v.9, n.3, p.239-262, 1993.

MOURÃO, F, A. L. *Misturas asfálticas de alto desempenho tipo SMA*. 2003. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

MULLARKEY, M. T.; HEVNER, A. R. An elaborated action design research process model. *European Journal of Information Systems*, v. 28, n. 1, p. 6-20, 2019.

NAPA. *Diseño y Fabricación – Mezclas SMA: Técnicas Prácticas*. Traducida por la Asociación Mexicana Asfalto. National Asphalt Pavement Association, México, 2007.

NAPA – National Asphalt Pavement Association. *Designing and Construction Mixtures SMA – State-of-The-Practise*. Quality Improvement Series 122 – Laham, MD, EUA, 2002..

NODARI, C.T. Método de Avaliação da Segurança Potencial de Segmentos Rodoviários Rurais de Pista Simples. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

NOYCE, A. D.; BAHIA, H. U.; YAMBO, J. M.; KIM, G. Incorporating road safety into pavement management: maximizing asphalt pavement surface friction for road safety improvements. Draft Literature Review and State Surveys. Midwest Regional University

Transportation Center, Traffic Operations and Safety (TOPS) Laboratory, Wisconsin, 2005.

OMS. *Global status report on road safety 2018*. Organização Mundial da Saúde, Genebra, Suíça, 2018.

OMS. *Organização Mundial da Saúde*. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid>. Acesso em: 10 jun. 2024.

OMS. *Organização Mundial da Saúde*. Disponível em: <https://www.who.int/pt/publications/m/item/global-plan-for-the-decade-of-action-for-road-safety-2021-2030>. Acesso em: 25 nov. 2022.

PEREIRA, C. A. *Análise da Aderência Pneu-Pavimento em Rodovias dos Estados de Pernambuco e da Paraíba com Elevado Índice de Acidentes*. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil e Geotecnia, Recife – PE.

PERES, R.; SILVA, G. T. da; MERIGHI, J. V.. Influência da Natureza da Superfície de contato na geração de aderência nos pavimentos aeroportuários. *V Jornadas Luso-Brasileiras de Pavimentos*, 2006.

PRANJIC, I. et al. Pavement surface macrotexture analysis. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Road and Rail Infrastructure CETRA*. 2018. p. 359-367.  
RAISER, M. et al. *De volta ao planejamento: como preencher a lacuna de infraestrutura no Brasil em tempos de austeridade*. Brasília: Banco Mundial, 2017.

REIS, R. M. M. *Revestimento asfáltico tipo SMA para alto desempenho em vias de tráfego pesado*. 2002. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes, São Paulo, 2002.

RODRIGUES FILHO, O. S. *Características de Aderência de Revestimentos Asfálticos Aeroportuários – Estudo de caso do Aeroporto Internacional de São Paulo/Congonhas*. 2006. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2006.

SEIN, M. K.; HENFRIDSSON, O.; PURAO, S.; ROSSI, M.; LINDGREEN, R. Action design Research. *MIS Quarterly*, v. 35, n. 1, p. 37-56, 2011.

SHIMAKURA, S. E. Correlação. In: *CE003 - Estatística II*. Paraná: Departamento de Estatística – UFPR, 2006. p. 71-78.

SILVA, P. B. *Estudo em laboratório e em campo de misturas asfálticas SMA 0/8S*. 2005. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes, São Paulo, 2005.

TORBRUEGGE, S.; WIES, B.. Characterization of pavement texture by means of height difference correlation and relation to wet skid resistance. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, v. 2, n. 2, p. 59-67, 2015.

WOODWARD, D. *et al.* The wear of Stone Mastic Asphalt due to slow speed and high stress simulated laboratory trafficking. *Construction and Building Materials*, v. 110, p. 270-277, 2016.

Yin, R. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2a ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

**APÊNDICE - QUESTIONÁRIO APLICADO AOS MOTORISTAS DE COLETIVOS DA BHTRANS**

**Pergunta n° 1** – Os nomes dos motoristas foram coletados, mas não foram apresentados nesta parte devido à confidencialidade.

**Pergunta n° 2** - Há quanto tempo você trafega no Tobogã da Savassi?

Respostas motoristas

- 1 - 35 anos
- 2 - 11 anos
- 3 - 5 anos
- 4 - 12 anos
- 5 - 10 anos
- 6 - 12 anos
- 7 – 7 anos
- 8 – 12 anos
- 9 – 15 anos

**Pergunta n° 3** - Quantos dias por semana e com qual frequência você trafega pelo Tobogã?

Respostas motoristas

- 1 - Segunda a sábado - 6 x por dia
- 2 - Segunda a sábado - 6 x por dia
- 3 - Segunda a sábado - 6 x por dia
- 4 - Segunda a sábado - 6 x por dia
- 5 - Segunda a sábado - 5 x por dia

6 - Segunda a sábado - 6 x por dia

7 - Segunda a sábado - 6 x por dia

8 - Segunda a sábado - 5 x por dia

9 - Segunda a sábado - 6 x por dia

**Pergunta nº 4 - Você trabalha em qual período?**

Respostas motoristas

1 - Manhã

2 - Manhã

3 - Manhã

4 - Manhã

5 - Manhã

6 - Manhã

7 - Tarde

8 - Tarde

9 - Tarde

**Pergunta n° 5 - Em média, quantas pessoas estão no ônibus quando você passa pelo Tobogã da Savassi?**

Respostas motoristas

1 - 30

2 - 40

3 - 30

4 - 40

5 - 50

6 - 60

7 - 70

8 - 80

9 - 80

**Pergunta n° 6 - Para você, qual é o período de maior fluxo no Tobogã da Savassi?**

Respostas motoristas

1 - Manhã e tarde - horário de pico 07:00 as 09:00 e das 16:00 as 19:00

2 - 07:00 as 09:00

3 - Manhã e tarde - horário de pico 07:00 as 09:00 e das 16:00 as 19:00

4 - 06:20 às 08:40

5 - das 16:00 as 19:00

6 - 07:00 as 09:00

7 - 07:00 as 09:00

8 - 07:00 as 09:30

9 - das 16:00 as 19:00

**Pergunta nº 7 - Sobre o asfalto do Tobogã da Savassi, você sabia que ele foi substituído por outro no ano de 2020?**

Respostas motoristas

1 - Sim

2 - Sim

3 - Sim

4 - Não

5 - Não

6 - Sim

7 - Sim

8 - Sim

9 - Sim

**Pergunta nº 8- O novo asfalto aplicado trouxe mais segurança ao dirigir o ônibus?**

Respostas motoristas

1 - Sim

2 - Sim

3 - Sim

4 - Não

5 - Sim

6 - Sim

7 - Sim

8 - Sim

9 – Não

**Pergunta nº 9 - O asfalto aplicado tem o nome de SMA (stone matrix asphalt), ele possui a condição de dar mais aderência entre os pneus do veículo e o próprio asfalto. Para você é interessante? Por quê?**

Respostas motoristas

1- Sim. Toda melhoria que é feita na via é lucro, pavimentação, sinalização, etc.

2 - Trouxe mais segurança para o motorista e outros usuários da via.

3 - Sim. Trouxe mais segurança principalmente na descida e subida nos dias de chuva. Antigamente patinava muito.

4 - Bão de mais. Trouxe mais segurança.

5 - Sim. Por estar em subida e descida e principalmente em dias de chuvas.

6 - Sim. Trouxe mais estabilidade aos veículos.

7 - Sim. Torna a viagem mais segura.

8 - Ótimo Principalmente na condução de veículos de transporte de pessoas e de cargas.

9 – Sim.

**Pergunta nº 10 - Você já passou por alguma dificuldade na condução do veículo no Tobogã da Savassi? Ex: congestionamento no período de chuva, ônibus derrapando? etc. Quando isso aconteceu?**

### Respostas motoristas

- 1 - Não. Trabalho com segurança.
- 2 - Nunca passei por sufoco. Hoje pode descer de "3 marcha" que o veículo não desliza. Na subida, antigamente, escorregava bastante.
- 3 - Não. Mas já vi veículos próximos derrapando.
- 4 - Sim. Antigamente, derrapava bastante.
- 5 - Não.
- 6 - Não. Antigamente tinha carros patinando por pouca experiência dos condutores.
- 7 - Sim. Muitas vezes já visualizei carros pequenos e médios derrapando lá.
- 8 - Sim. Já vi o carro da frente derrapando na subida.
- 9 - Em períodos de chuvas, acontece do eixo traseiro do ônibus derrapar.

### **Pergunta nº 11 -Você já presenciou algum tipo de acidente no Tobogã da Savassi?**

### Respostas dos motoristas

- 1 - Sim, vários. Batidas entre veículos e batidas em árvores.
- 2 - Sim. Batida entre veículos na descida.
- 3 - Sim. Batida entre veículos, motociclista no chão.
- 4 - Sim, vários. Na subida e descida batida entre veículos frontal, traseira e lateral. Principalmente na descida sentido Pátio Savassi.
- 5 - Não.

6 - Sim. Capotamento, batidas em árvores, batida de micro-ônibus.

7 - Sim. Veículos pequenos voltando de ré e batendo em outros veículos.

8 – Sim. No final da descida.

9 - Sim. Carros pequenos derrapando.

**Pergunta nº 12 - Você já percebeu que, quando está chovendo, o asfalto do Tobogã da Savassi tem uma aparência de que não está com poças d'água, mais “seco”?**

Respostas dos motoristas

1 -Sim. Hoje não se vê mais a lâmina d'água no asfalto.

2 - Quando há grande volume de chuva, o volume de água que desce no Tobogã é muito grande, uma "encorada".

3 - Sim. Hoje não se vê mais a lâmina d'água no asfalto.

4 - Sim. Dá pra perceber, fica mais claro.

5 - Sim. Não vê poças d'água e manchas de óleo.

6 - Sim. Percebo que quando está chovendo o asfalto fica com a aparência que está um pouco seco.

7 - Sim. Já percebi.

8 – Sim, percebo menos poças d 'água.

**Pergunta nº 13 - Qual a sua opinião sobre as prefeituras aplicarem asfaltos que trazem mais aderência em avenidas e ruas de alto tráfego, como em subidas e descidas consideradas “fortes”?**

Respostas dos motoristas

- 1 - Seria muito adequado.
- 2 - Muito bom, principalmente nas curvas, subidas, descidas e nas rodovias.
- 3 – Interessante.
- 4 – Ótimo, principalmente em descida.
- 5 – Interessante, principalmente em morros fortes.
- 6 - Seria ótimo. Principalmente em vias onde o tráfego de ônibus é pesado (av. Amazonas, av. Antônio Carlos).
- 7 - excelente iniciativa.
- 8 - Seria ótimo. Principalmente na avenida do Contorno nº 8000.
- 9 - Seria muito bom. Principalmente em retas também, porque ajudam o condutor a ter mais segurança e o veículo fica mais estável.

**Pergunta nº 14 - Durante a sua carreira como motorista, o que você acha interessante melhorar nas vias das cidades, de modo geral.**

Respostas dos motoristas

- 1 - Organização no trânsito, fluidez.
- 2 - Mais sinalização horizontal.
- 3 - Melhorar a sinalização horizontal, tempo de sinal.
- 4 - Aplicar asfalto de boa qualidade e sinalização adequada.
- 5 - Melhorar a organização do trânsito, ter menos buracos no pavimento, melhorar o tempo dos semáforos.

6 - Mais sinalização horizontal e redutores de velocidade.

7 - Melhorar a sinalização das vias e ter mais radares.

8 - Conscientizar os motoristas.

9 - Mais rigor nas leis de trânsito, mais fiscalização nas ruas (agentes de trânsito) e melhor sinalização.