



## 26° Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPv)

### 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<sup>1</sup>; Bruna Cristina Beltrão Silva Beleigoli<sup>1</sup>; Marcelo Franco Porto<sup>2</sup>;  
Ronderson Queiroz Hilário<sup>3</sup>*

#### RESUMO

A aderência pneu-pavimento é um parâmetro de grande importância para a avaliação do comportamento superficial do revestimento asfáltico. Desta forma, o principal objetivo deste trabalho foi correlacionar 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 a frequência de sinistros de trânsito antes e após a execução do revestimento SMA. 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 sequência, identificou-se que a média anual de sinistros foi 36% menor após a implantação do SMA em números absolutos, mas a fim de obter um índice real para avaliação, foi solicitado a BHTRANS o volume de tráfego dos anos correspondentes para ser elaborado o índice acidente/veículo. 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 método 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:** Macrotextura; Microtextura; SMA; ADSR; Segurança Viária.

#### ABSTRACT

Tire-pavement adhesion is a highly important parameter for assessing the surface behavior of asphalt paving. Thus, the main objective of this study was to correlate the macrotexture and microtexture parameters of the SMA (Stone Matrix Asphalt) paving obtained from the sand patch and British pendulum tests carried out on Avenida do Contorno in Belo Horizonte. The frequency of traffic accidents before and after the application of the SMA paving was also analyzed. 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 studied section. Subsequently, it was identified that the annual average of accidents was 36% lower after the implementation of the SMA in absolute numbers, but in order to obtain a real index for evaluation, BHTRANS was asked for the traffic volume of the corresponding years to calculate the accident/vehicle index. The questionnaire showed that 89% of the drivers interviewed stated that the application of SMA brought gains in safety when driving the vehicle in dry periods and especially on rainy days. It is understood that the use of the research method was effective, as it presented satisfactory and constructive results regarding the benefits of using asphalt coatings that promote greater adhesion between tire and pavement.

**KEY WORDS:** Macrotexture; Microtexture; SMA; ADSR; Road Safety.

<sup>1</sup> Mestrando em Infraestrutura de Transportes UFMG, e-mail: bernardobp@live.com; bruna.beleigoli@der.mg.gov.br.

<sup>2</sup> Coordenador do Programa de Mestrado em Infraestrutura de Transportes - UFMG, e-mail: marcelo@etg.ufmg.br

<sup>3</sup> Professor Titular do Programa de Mestrado em Infraestrutura de Transportes - UFMG, e-mail: ronderson@etg.ufmg.br



## INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial da Saúde (2023) aproximadamente 1,19 milhão de pessoas morrem anualmente em sinistros de trânsito. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2015), 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 os custos envolvidos em acidentes nas rodovias custam à sociedade brasileira cerca de R\$40 bilhões 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.

Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020), em sua norma NBR 10697:2020 o termo sinistro de trânsito é caracterizado como qualquer evento que resulte dano ao veículo ou à sua carga e/ou em lesões a pessoas e/ou em animais, e que gera consequências de perdas materiais ou até mesmo prejuízo ao trânsito, à via ou até mesmo ao meio ambiente, e que pelo menos uma das partes está em deslocamento nas vias de fluxo de veículos ou em espaços abertos ao público.

Para Noyce et al. (2005) as condições de atrito em vias de trânsito em condições climáticas adversas é uma das principais causas de ocorrências de sinistros de trânsito na infraestrutura viária, sendo estes fatores geradores de sinistros também contidos na ABNT NBR 10697:2020, caracterizados como fatores externo (eventos climáticos) e a possibilidade de deficiência na via (baixa aderência entre pneu-pavimento). No estudo de Caliendo et al. (2007) foi analisado as ocorrências de sinistros de uma rodovia, concluindo que os sinistros fatais estão correlacionados à presença de chuva, principalmente em curvas e também propuseram a substituição da camada de pavimento flexível por uma camada que facilite a drenagem superficial, aumentando a aderência pneu/pavimento.

Desta forma, o presente trabalho visa correlacionar os parâmetros de aderência pneu-pavimento que foram coletados após a implementação do revestimento asfáltico tipo SMA (Stone Matrix Asphalt) na Avenida do Contorno em Belo Horizonte. Em seguida analisaram-se os dados de sinistros de trânsito ocorridos antes e após a execução do revestimento asfáltico tipo SMA. Para complementar foi aplicado questionário de caráter qualitativo e quantitativo aos motoristas dos transportes coletivos que trafegam na via de estudo, a fim de identificar se dispuseram percepções de melhorias após a implantação do SMA no trecho conhecido como “Tobogã da Savassi”.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 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 1, pode-se identificar a diferença entre as classificações de textura, sendo elas a macrotextura e a microtextura.



Figura 1. Macrotextura e microtextura em pavimentos (PERES *et al.*, 2006)

A macrotextura possui comprimentos de ondas ( $\lambda$ ) de 0,5 mm a 50 mm, que se relaciona com a graduação, tamanho máximo, espaçamento e formato dos agregados. Já a microtextura possui comprimentos de ondas menores 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, painéis, 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 com relação a uma superfície realmente plana que proporciona a redução da resistência ao rolamento, a dinâmica do veículo, a qualidade de rolamento e o custo operacional dos veículos (LAY, 1998).

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). Conforme Tabela 1, as classificações são determinadas:

Tabela 01. Classificação Macrotextura (ABPV, 1999)

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

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). 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).

Na avaliação da microtextura do revestimento asfáltico utilizando o equipamento de pêndulo britânico (ASTM E 303) é possível determinar o valor de resistência à derrapagem (VRD), mundialmente conhecido com BPN (British Pendulum Number). Na tabela a seguir é apresentado as classificações conforme DNIT (2006), em referência aos valores de resistência à derrapagem (VRD).

Tabela 02. Classificação Microtextura (DNIT, 2006)

| Classe     | Valor de resistência à derrapagem |
|------------|-----------------------------------|
| Perigosa   | $< 25$                            |
| Muito lisa | $25 \leq VRD \leq 31$             |



|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| Lisa                     | 32 <= VRD <= 39 |
| Insuficientemente rugosa | 40 <= VRD <= 46 |
| Medianamente rugosa      | 47 <= VRD <= 54 |
| Rugosa                   | 55 <= VRD <= 75 |
| Muito rugosa             | VRD > 75        |

### 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 ( $\rho$ ) 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;

$xi$  e  $yi$ : valor individual de  $x$  ou  $y$ ;

$\bar{x}$  e  $\bar{y}$ : média;

$sx$  e  $sy$ : desvio padrão.

O valor numérico de  $\rho$  varia de  $-1$  a  $+1$ . Quando  $\rho$  estiver próximo de  $-1$ , indica uma correlação negativa forte e, próximo de  $+1$ , uma correlação positiva forte. Um valor de  $\rho$  próximo a  $0$  indica que há correlação fraca, ou ainda, que não há correlação (JOHNSON; BHATTACHARYYA, 2019).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Metodologia ADSR

A ADSR (Action Design Science Research), 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 definidos: Diagnóstico, Design (Projeto), Implementação e Evolução (HEVNER & MALLURKEY, 2019).

Sein et al. (2011) cita que a combinação entre a Design Science e a Pesquisa-Ação se 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 (Figura 3) é “a organização dos componentes do ambiente interno para atingir objetivos em um determinado ambiente externo” (DRESCH et al., 2015).

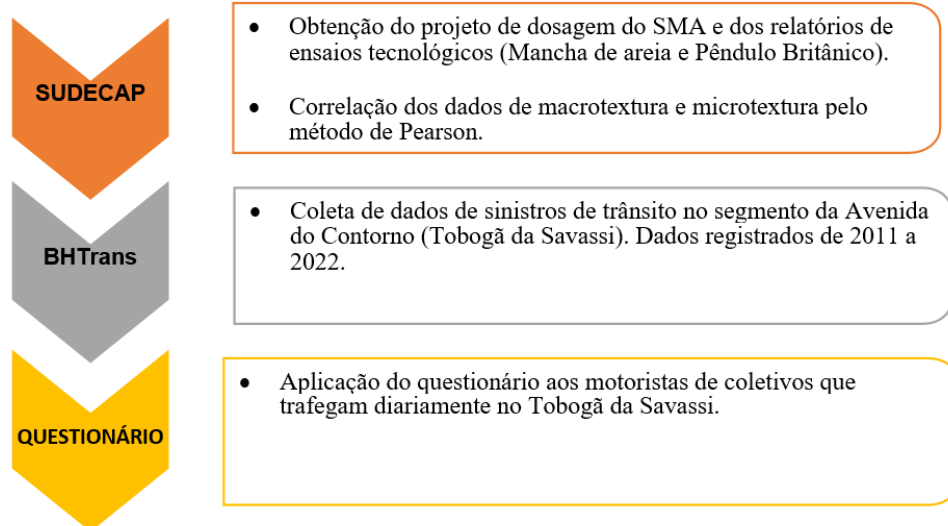


Figura 3. Artefato da pesquisa (AUTOR, 2023)

### Questionário de Validação

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. O principal objetivo do questionário é obter um maior número possível de informações sobre as percepções dos motoristas quanto as consequências percebidas antes e pós-execução do SMA, na Avenida do Contorno.

## DESENVOLVIMENTO

### 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 implantação no século XX. Popularmente chamado de “Tobogã da Savassi”, trecho da Avenida do Contorno que está localizado entre os bairros Savassi e Funcionários, é formado por 2 rampas de aproximadamente 150 metros de comprimento cada, com uma inclinação longitudinal  $>12\%$  e 3 faixas por sentido.

### 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 de SMA (Stone Matrix Asphalt), a fim de favorecer a segurança viária, em função do melhoramento do atrito entre o pneu e pavimento. A composição



granulométrica dos agregados constituintes da mistura asfáltica SMA (Figura 4) é composta por 61,15 % de Brita Zerão; 11,38% de Pó de Gnaise; 19,91% de Pó de Calcário; 1,90% de Cal; 0,47% de Fibra e 5,20% de CAP 60/85

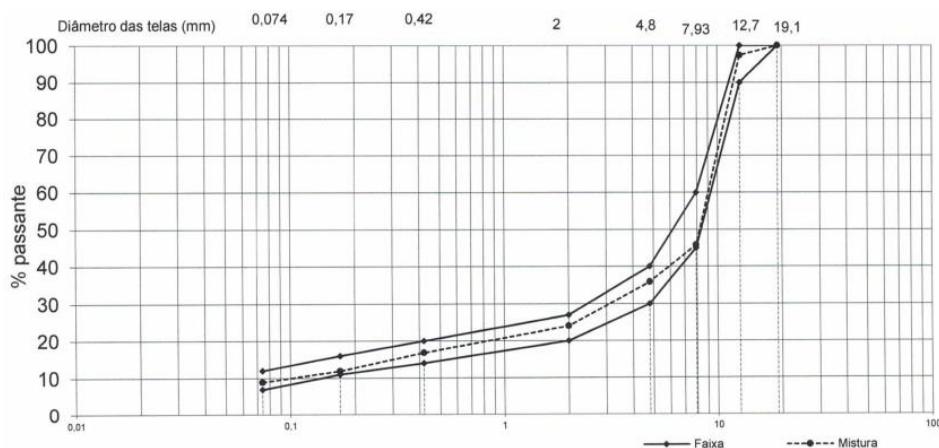


Figura 4. Curva granulométrica SMA (SUDECAP, 2019)

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.

Durante 2 semanas do mês de junho de 2020, foram realizados os serviços de fresagem funcional da camada existente, corte esse com 4 cm de profundidade. Em seguida, para ocorrer a aderência entre camadas existente e a ser aplicada, foi executada a aplicação de emulsão asfáltica tipo RR-1C. Após a imprimação da superfície com emulsão asfáltica, o revestimento tipo SMA foi aplicado com espessura final compactada de 4 cm.



Figura 05. Aplicação do SMA (SUDECAP, 2020)

### Ensaio de Macrotextura e Microtextura

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



- Rampa 1 – próximo ao número nº 5326 antes da esquina com a Rua Piauí – Pista Direita/Esquerda, Faixa 1/2/3, Trilha de roda externa;
- Rampa 2 – próximo ao número nº 5404 depois da esquina com a Rua Piauí – Pista Direita/Esquerda, Faixa 1, trilha de roda externa.

Para a avaliação da macrotextura foi adotado o método de mancha de areia (ASTM E965-15,2018) e para verificação da microtextura (ASTM E 303-1993), conforme figuras apresentadas abaixo.



Figura 06. Ensaio mancha de areia (SUDECAP, 2022)



Figura 07. Ensaio Pêndulo Britânico (SUDECAP, 2022)

Para cada faixa de rolamento foi coletado uma amostra de 5 resultados de mancha de areia em pontos distintos, normalmente nas extremidades interna e externa das faixas (trilhas de rodas). 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 1:

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

Sendo:

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.

Na avaliação da microtextura, foram realizadas 5 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 07), e o procedimento está recomendado pela norma ASTM E 303, 1993 (Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester).

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. A tabela 3 apresenta os valores médios correspondentes aos ensaios de macrotextura e microtextura do segmento de estudo.

Tabela 3. Dados dos ensaios de textura do trecho de estudo (AUTOR, 2023)

| SEGMENTO                            | MANCHA DE AREIA<br>HS(mm) - MÉDIA | VALOR DE RESISTÊNCIA A<br>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  |

Com o objetivo de apresentar o resultado da correlação pelo método Pearson entre as variáveis de macrotextura e microtextura das rampas 1 e 2, está apresentado o respectivo gráfico de correlação.

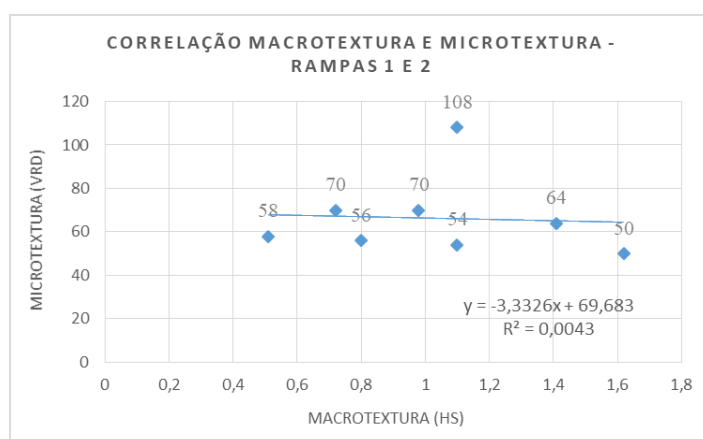


Figura 08. Correlação macrotextura x microtextura (AUTOR, 2023)

Conforme figura apresentada, é possível identificar que os valores de microtextura (eixo y) possuem um comportamento heterogêneo na medida que a variável X é crescente. Com o desenvolvimento da equação de regressão linear no programa Excel, conclui-se que a interação entre as variáveis de textura resulta em uma equação decrescente (variável X negativa) e o valor do coeficiente de Pearson resultante é de  $R^2=0,0043$ , igual a  $p=0,0655$ , valor que demonstra ser positivo mas com baixa intensidade e pode ser visto pelo coeficiente de correlação (Johnson e Bhattacharyya, 2109). A baixa correlação é resultado de não haver uma proporcionalidade direta entre as variáveis de estudo, mesmo quando os valores de macrotextura apresenta ser crescente, a variável y (microtextura) se comporta de forma desordenada, não demonstrando uma tendência na direção dos valores da variável macrotextura.

### Sinistros de Trânsito no Segmento da Pesquisa

A análise de sinistros de trânsito foi realizada com os dados provenientes do portal web da BHTrans (Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte), que disponibiliza em dados abertos diversas informações relacionadas a acidentes, trânsito, sinistros, boletim de ocorrência, etc. Para a identificação da frequência de sinistros, foi realizada em cada planilha do ano referente os seguintes filtros:

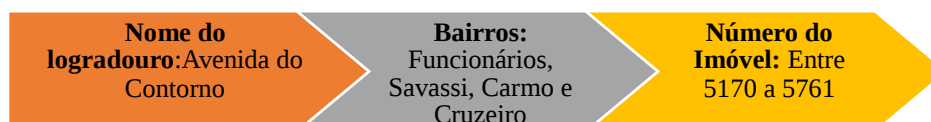


Figura 09. Sequência para coleta de ocorrências de sinistros (AUTOR, 2023)



Com os filtros realizados conforme sequência adotada, obteve-se os quantitativos de frequências absoluta de sinistros de trânsito conforme tabela 04.

Tabela 04. Panorama de ocorrências de sinistros de trânsito no Tobogã da Savassi (AUTOR, 2023)

| SINISTROS DE TRÂNSITO - AVENIDA DO CONTORNO - TOBOGÃ DA SAVASSI |      |      |      |      |      |      |      |      |                    |                    |      |      |
|-----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|--------------------|------|------|
| 2011                                                            | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020<br>(Pré-obra) | 2020<br>(Pós-Obra) | 2021 | 2022 |
| 13                                                              | 10   | 11   | 14   | 6    | 6    | 11   | 10   | 18   | 2                  | 0                  | 7    | 10   |

Entre os anos de 2011 a 2022 o número total de sinistros foi de 118 ocorrências, resultando em uma média de 11 sinistros/ano no período pré SMA e após a implantação do SMA a média foi de 7 sinistros/ano. Para alcançar uma análise conclusiva quanto o real impacto do novo revestimento asfáltico na evolução dos sinistros de trânsito, foi solicitado à BHTRANS (Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte) os dados do volume de tráfego do segmento do estudo entre os anos 2011 a 2022.

Segundo IBGE (2024), entre os anos de 2011 a 2022 a frota de veículos na capital mineira alcançou um percentual de aumento de 81 %, sendo que em 2011 o total de veículos era de 1.438.723, e em 2022 o total era de 2.599.029. Portanto, espera-se que devido a este aumento significativo da frota de veículos em Belo Horizonte, juntamente com a frequência de sinistros possa resultar em um índice acidente/veículos satisfatório a segurança viária local.

### Evolução – Questionário Aplicado aos Motoristas de Coletivos Urbano

Conforme informação fornecida pela BHTRANS, as linhas de ônibus sob comando da empresa Sandra é a que possui maior números de viagens que percorre no segmento de estudo desta pesquisa, sendo 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, foram aplicadas aos 9 motoristas as seguintes perguntas, conforme Tabela 5 a seguir.

Tabela 05. Questionário aplicado aos motoristas da viação Sandra (AUTOR, 2023)

|   |                                                                                                                                                                                           |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Nome                                                                                                                                                                                      |
| 2 | Há quanto tempo você trafega no tobogã da Savassi?                                                                                                                                        |
| 3 | Quantos dias por semana e qual frequência você trafega pelo tobogã?                                                                                                                       |
| 4 | Você trabalha em qual período?                                                                                                                                                            |
| 5 | Em média quantas pessoas estão no ônibus quando passa pelo tobogã da Savassi?                                                                                                             |
| 6 | Para você, qual é o período de grande fluxo no tobogã da Savassi?                                                                                                                         |
| 7 | Sobre o asfalto do tobogã da Savassi, você sabia que ele foi substituído por outro no ano de 2020?                                                                                        |
| 8 | Novo asfalto aplicado trouxe mais segurança ao dirigir o ônibus?                                                                                                                          |
| 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? |



Você já passou por alguma dificuldade na condução do veículo no tobogã da Savassi? ex:  
**10** congestionamento no período de chuva, ônibus derrapando? etc. quando aconteceu?

**11** Você já presenciou algum tipo de acidente no tobogã da savassi?

Você já percebeu que quando está chovendo o asfalto do tobogã da Savassi tem uma aparência de  
**12** que não está com poças d'água, mais "seco"?

Importante característica dos motoristas entrevistados, é que cerca de 77 % deles (7 motoristas) já percorrem diariamente o trecho do Tobogã da Savassi a mais de 10 anos. Foi identificado que 89 % dos motoristas participantes do questionário possuem a percepção que a execução do SMA no trecho do Tobogã da Savassi trouxe benefícios para a segurança viária.

O motorista entrevistado de nº 6 cita "que a intervenção no pavimento trouxe mais estabilidade aos veículos". Outro comentário importante de um dos entrevistados (motorista de nº 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, aplicou-se a seguinte pergunta, "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?".

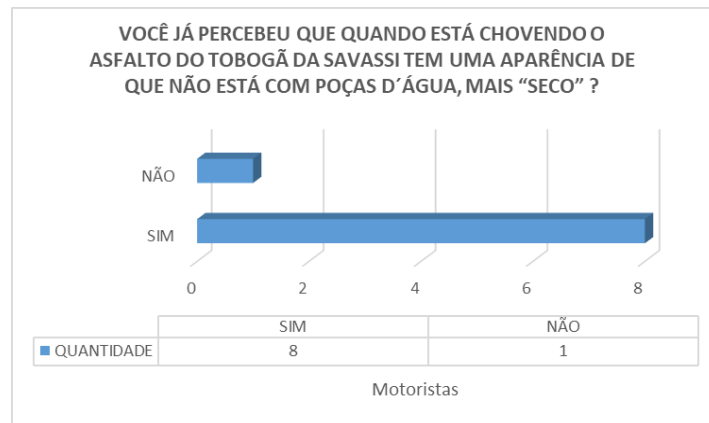


Figura 10. Análise respostas do questionário (AUTOR, 2024)

Em resumo 8 dos no 9 motoristas entrevistados afirmam que o SMA aplicado no Tobogã da Savassi possui em períodos de chuvas uma aparência mais "seca". Característica essa que é influenciada pela macrotextura do SMA, em função de sua granulometria aberta que proporciona a redução do efeito de hidroplanagem, corroborando com o estudo de Rodrigues Filho (2016), favorecendo assim, a possibilidade de redução de ocorrências de sinistros de trânsito em períodos de chuva.

## CONSIDERAÇÕES

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 da aplicação do revestimento SMA na Avenida do Contorno. 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),



metodologia implementada na pesquisa, proporcionou integrar etapas para a análise dos resultados no quesito de segurança viária no segmento de estudo.

Em sequência nas análises dos objetivos secundários propostos, o panorama das ocorrências de sinistros de trânsito entre os anos de 2011 a 2022 foi desenvolvido com base nos dados obtidos pela BHTRANS. Encontrou-se que a média anual de sinistros registrados após aplicação do SMA no Tobogã da Savassi foi 36 % menor quando comparado ao período sem o revestimento tipo SMA em números absolutos. Mas a fim de obter um índice real para avaliação, foi solicitado a BHTRANS o volume de tráfego dos anos correspondentes com o objetivo de ser 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 mais de 81 % entre os anos de 2011 e 2022 o índice de sinistros de trânsito seja favorável para a segurança viária (IBGE, 2024).

Na etapa de evolução do método desenvolveu-se o questionário qualitativo e quantitativo com objetivo de obter percepções dos motoristas quanto às possíveis melhorias na segurança viária após a implantação do asfalto 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 e principalmente em dias chuvosos, pelo 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 no Tobogã da Savassi, compreende-se que a percepção humana está ao encontro dos resultados apresentados até aqui encontrados sobre a redução do número de sinistros de trânsito após a aplicação do SMA. Contudo, foi possível identificar a eficácia do método elaborado para o desenvolvimento dessa pesquisa, no qual procurou-se combinar dados técnicos do revestimento SMA, de sinistros de trânsito e percepções dos motoristas para identificação de melhoria na segurança viária no segmento de estudo, após aplicação do revestimento SMA.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig).

## ACKNOWLEDGMENT

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Pesquisas de sinistros de trânsito–terminologia. Norma Técnica**. Rio de Janeiro, 2020.
- ABPV – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO. **Informativo técnico sobre avaliação da resistência à derrapagem através de aparelhagem portátil**. Boletim Técnico, Rio de Janeiro, n. 18, 1999.
- BERNUCCI, L. B., MOTTA, L. M. G., CERATI, J. A. P. e Soares, J. B. (2007). **Pavimentação Asfáltica**. Formação Básica para Engenheiros. Petrobras. ABEDA. Rio de Janeiro.
- 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, Ciro; GUIDA, Maurizio; PARISI, Alessandra. **A crash-prediction model for multilane roads**. Accident Analysis & Prevention, v. 39, n. 4, p. 657-670, 2007.

CORLEY-LAY, Judith 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.

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

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **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.

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

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 (2015) **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.

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

MARIA, Dominique Drouet KOTZ, Samuel. **Correlation and dependence**. World Scientific, 2001.

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

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

Noyce, A. D.; H. U. Bahia; J. M. Yambó e G. Kim (2005) **Incorporating road safety into pavement management: maximizing as-phalt 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.

OMS (2023) **Global status report on road safety 2023**. Organização Mundial da Saúde, Genebra, Suíça.

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

PERES, Ricardo; SILVA, Gilberto Teixeira da; MERIGHI, Joao Virgílio. **Influência da Natureza da Superfície de contato na geração de aderência nos pavimentos aeroportuários**. V Jornadas Luso-Brasileiras de Pavimentos, 2006.

PRANJIC, Ivana *et al.* Pavement surface macrotexture analysis. In: **Proceedings of the 5th International Conference on Road and Rail Infrastructure CETRA**. 2018. p. 359-367.

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

Sein, M. K., Henfridsson, O., Purao, S., Rossi, M., & Lindgreen, R. (2011). **Action design Research**. MIS Quarterly, 35(1), 37-56.

## Notas de Rodapé

*HS\** - Significa High Sand, termo que corresponde à altura de areia ou profundidade de areia, referente ao principal parâmetro de avaliação do ensaio de macrotextura (macha de areia).