



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

LUCIANO GARDANO ELIAS BUCCHARLES

**CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO PERICIAL DA MACRO E
MICROTEXTURA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EM LOCAL
DE ACIDENTE DE TRÂNSITO**

São Carlos / SP
2014

LUCIANO GARDANO ELIAS BUCCHARLES

**CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO PERICIAL DA MACRO E
MICROTEXTURA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EM LOCAL
DE ACIDENTE DE TRÂNSITO**

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Engenharia.

Área de concentração:
Engenharia de Transportes

Orientador:
Prof. Associado José Leomar Fernandes Júnior

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Gardano Elias Bucharles, Luciano

G918c Critérios para avaliação pericial da macro e microtextura
de pavimento asfáltico em local de acidente de trânsito
/ Luciano Gardano Elias Bucharles; orientador José
Leomar Fernandes Júnior. São Carlos, 2014.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes e Área de Concentração em
Infra-Estrutura de Transporte -- Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.

1. Pavimentação asfáltica. 2. Macrotextura. 3.
Microtextura. 4. Aderência pneu/pavimento. 5. Acidente
de trânsito. 6. Segurança viária. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **LUCIANO GARDANO ELIAS BUCCHARLES**

Título da tese: "Critérios para avaliação pericial da macro e microtextura de pavimento asfáltico em local de acidente de trânsito"

Data da defesa: 28/03/2014

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Associado **José Leomar Fernandes Júnior (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovado

Profa. Dra. **Ana Paula Furlan**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovado

Profa. Dra. **Eliane Viviani**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADO

Profa. Dra. **Bárbara Stolte Bezerra**
(Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"/UNESP-Bauru)

Aprovado

Prof. Dr. **John Kennedy Guedes Rodrigues**
(Universidade Federal de Campina Grande/UFCG)

Aprovado

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes:

Prof. Associado **Antônio Néelson Rodrigues da Silva**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Titular **Denis Vinicius Coury**

À minha mãe Marilena, ao
meu pai José Elias (*in
memoriam*), aos meus
irmãos Sérgio, Andrea e
Daniela, e à Rachel, esposa.

AGRADECIMENTOS

Ao **Prof. Dr. José Leomar Fernandes Júnior**, meu orientador, pela amizade, apoio, paciência e incentivo durante a realização deste trabalho.

À **Marilena Gardano Elias Bucharles**, mãe, pela vida dedicada aos filhos, sempre com muito amor e carinho.

Ao **José Elias Bucharles Filho**, pai, que para sempre mora no meu coração.

Aos meus irmãos **Sérgio, Andrea e Daniela**, que sempre estiveram ao meu lado em todas as etapas da vida.

À **Rachel Nicolini**, esposa, que apoiou e acompanhou o desenvolvimento dos estudos, sempre com muita paciência.

Aos funcionários do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos, em especial às **Sras. Beth e Heloisa**, pela ajuda oferecida constantemente.

RESUMO

BUCHARLES, Luciano Gardano Elias. Critérios para avaliação pericial da macro e microtextura de pavimento asfáltico em local de acidente de trânsito. 2014. 153 p. Tese (Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC/USP), São Carlos, 2014.

Muito embora a micro e a macrotextura dos pavimentos sejam importantes para o tráfego seguro, principalmente em condição de pista molhada e com velocidades superiores a 50 km/h, nos locais de acidentes de trânsito no Brasil esses parâmetros não são avaliados quando das perícias técnicas. Assim, o objetivo principal desta tese é estabelecer critérios de avaliação de pavimentos asfálticos que possam integrar um protocolo para a perícia técnica em locais de acidentes de trânsito. Foi baseada em coleta de dados de micro e de macrotextura dos revestimentos asfálticos em três rodovias no Estado do Paraná, num total de 106 locais, e em quatro vias urbanas na cidade de Londrina/PR, num total de 148 locais, todas com velocidades permitidas iguais ou superiores a 50 km/h, especificamente em trechos onde ocorreram acidentes de trânsito, o que permitiu a determinação da aderência na interface pneu/pavimento, se os valores encontram-se dentro das faixas de aceitabilidade do DNIT, da ANTT e da ARTESP e se houve efetiva contribuição do pavimento para a ocorrência e para a severidade dos acidentes. Dos 106 acidentes rodoviários analisados, em 19 deles as alturas médias de mancha de areia, parâmetro empregado para avaliar a macrotextura, apresentaram-se com valor inferior ao mínimo recomendado (0,60 mm), enquanto que dos 148 acidentes ocorridos em vias urbanas, 22 ocorreram em trechos com alturas médias de mancha de areia também inferiores ao valor mínimo recomendado. Nesses casos também foram realizados ensaios de microtextura, com uso do pêndulo britânico, e posteriormente foram calculados os valores do Índice de Atrito Internacional (*International Friction Index*, IFI) na interface pneu/pavimento. Os resultados e as análises deste trabalho indicam que uma melhor condição de macrotextura pode reduzir entre 6% e 19% as energias cinéticas envolvidas nos acidentes em rodovias e de 3% a 11% em vias urbanas, com real possibilidade de redução tanto das avarias produzidas nos veículos quanto, principalmente, das lesões nas vítimas. Dada a importância da micro e da macrotextura, recomenda-se que o protocolo de avaliação de pavimentos para perícias técnicas em locais de acidentes de trânsito em rodovias e em vias urbanas estabeleça a realização dos ensaios de Pêndulo Britânico e de Mancha de Areia em até 24 horas após o evento e que a área a ser levantada contemple toda a extensão das marcas de frenagem dos veículos envolvidos ou, no caso de inexistência de marcas, que compreenda uma extensão de 10 a 70 metros, respectivamente para vias com velocidade máxima permitida de 40 km/h e de 120 km/h. Espera-se, complementarmente, que um protocolo com critérios simples e objetivos, como o desenvolvido neste trabalho, permita a adoção de políticas públicas preventivas, de maior alcance e periodicidade, com as avaliações não somente nos trechos onde ocorrem acidentes, mas ao longo das vias.

Palavras-Chave: Pavimentação asfáltica; Macrotextura; Microtextura; Aderência pneu/pavimento; Acidente de trânsito; Segurança viária.

ABSTRACT

BUCHARLES, Luciano Gardano Elias. Criteria for the expert evaluation of macro and micro texture of the asphalt pavement at traffic accident sites. 2014. 153 p. Thesis (Transportation Engineering) – São Carlos School of Engineering – São Paulo University (EESC/USP), São Carlos, 2014.

Although the micro and macro textures of pavements are important factors for safe driving, especially on wet tracks and with speeds above 50km/h, such parameters are not even evaluated during technical inspections in traffic accident sites in Brazil. Thus, the main purpose of this thesis is to establish criteria for the evaluation of asphalt pavements that may become integral part of a protocol for technical inspection in traffic accident sites. This work is based on the collection of data concerning the micro and macro texture of asphalt pavements on three roads in the State of Paraná, totaling 106 locations, and on four urban streets in the city of Londrina, State of Paraná, totaling 148 locations. All such locations have a speed limit of equal to or higher than 50km/h, especially on the sites where traffic accidents occurred, which allowed for the determination of the tire/pavement adherence, and whether the values found were in accordance with the acceptable levels established by DNIT, ANTT and ARTESP, and whether there was effective contribution on the part of the pavement for the occurrence as well as the severity of the accidents. Out of the 106 road accidents that were analyzed, it was observed that in 19 of them the average heights of the sand spot, a parameter used to evaluate the macro-texture, were lower than the minimum value recommended (0,60 mm), while out of the 148 accidents taken place in urban streets, 22 took place in areas where the average heights of the sand spot were also lower than the recommended minimum value. In the case of the accidents that occurred in places where the heights of the sand spots were lower than the minimum recommended, micro texture essays were also carried out by use of the *British Pendulum Tester*, and later the values of the *International Friction Index (IFI)* were calculated. The results and the analyzes of this work indicated that a better condition in the macro texture would reduce the kinetic energies involved in road accidents between 6% and 19%, and from 3% to 11% on urban streets, with the real possibility of minimizing both damages caused to the vehicles and especially the lesions on the victims. Given the importance of micro and macro textures, it is recommended that the protocol for the evaluation of pavements for the purpose of technical inspection in traffic accident sites both on roads and urban streets require the carrying out of the British Pendulum Tester and the Sand Spot within 24 hours of the time of the accident and that the area to be tested should include the entire extension of the braking skid marks of the vehicles involved in the accident, or, in the case of inexistence of such marks, covering 10 to 70 meters, respectively, for locations where the permitted maximum speed is 40km/h, and for locations where the permitted maximum speed is 120km/h. It is additionally expected that a protocol having simple yet objective criteria, such as the ones developed in this work, will allow for the adoption of preventive public policies, having greater scope and periodical applications, not only on sites where accidents take place, but also on the entirety of roads and streets.

Key Words: Asphalt pavement; Macro-texture; Micro-texture; Adherence of tire to pavement; Traffic accident; Road safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mortes por bilhão de quilômetros	3
Figura 1.2 - Produção de veículos no Brasil para vendas internas e externas período 2001-2011	3
Figura 2.1 - Atrito por adesão e devido à perda por histerese	11
Figura 2.2 - Deslocamento da água conforme conceito das 3 zonas	13
Figura 2.3 - Microtextura e macrotextura	17
Figura 2.4 - Superfície em função da macro e microtextura	17
Figura 2.5 - Sequência de realização do ensaio de mancha de areia	26
Figura 2.6 - Diagrama esquemático do ensaio de mancha de areia.....	27
Figura 2.7 - Ensaio de mancha de graxa.....	28
Figura 2.8 - Ensaio com o drenômetro LTP-EPUSP.....	29
Figura 2.9 - Exemplo de perfilômetro a laser.....	29
Figura 2.10 - <i>Mini Texture Meter</i>	30
Figura 2.11 - Equipamento pêndulo britânico	31
Figura 2.12 - Equipamento pêndulo britânico	31
Figura 2.13 - Equipamento pêndulo britânico sendo utilizado	31
Figura 2.14 - Equipamento pêndulo britânico sendo utilizado	31
Figura 2.15 - Equipamento pêndulo britânico sendo utilizado	31
Figura 2.16 - <i>Dynamic friction tester em operação</i>	32
Figura 2.17 - <i>Mu-meter</i> sendo utilizado	33
Figura 2.18 - <i>Sideways force coefficient routine investigation machine</i>	33
Figura 2.19 - Equipamento <i>grip tester</i> sendo utilizado.....	34
Figura 2.20 - Leito asfáltico com defeito característico de desgaste	44
Figura 2.21 - Leito asfáltico com agregados polidos.....	45
Figura 2.22 - Leito com exsudação do ligante asfáltico	45
Figura 2.23 - Fluxograma de serviços periciais em acidentes de trânsito	63
Figura 3.1 - Fotografia ilustrativa da PR-090, no trecho pesquisado.....	68
Figura 3.2 - Resultados dos ensaios de mancha de areia na faixa de sentido Ibiporã – Alvorada do Sul.....	69
Figura 3.3 - Resultados dos ensaios de mancha de areia na faixa de sentido Alvorada do Sul – Ibiporã	69
Figura 3.4 - Fotografia ilustrativa da PR-323, no trecho pesquisado.....	71
Figura 3.5 - Resultados dos ensaios de mancha de areia na faixa de sentido Londrina – Divisa com o Estado de São Paulo	72

Figura 3.6 - Resultados dos ensaios de mancha de areia na faixa de sentido Divisa com o Estado de São Paulo – Londrina	72
Figura 3.7 - Fotografia ilustrativa da PR-445, no trecho pesquisado	74
Figura 3.8 - Resultados dos ensaios de mancha de areia na faixa de sentido Mauá da Serra – Divisa com o Estado de São Paulo.....	75
Figura 3.9 - Resultados dos ensaios de mancha de areia na faixa de sentido Divisa com o Estado de São Paulo – Mauá da Serra.....	75
Figura 3.10 - Fotografia ilustrativa da Avenida Dez de Dezembro.....	78
Figura 3.11 - Resultados dos ensaios de mancha de areia na faixa de sentido BR-369 – PR-445	79
Figura 3.12 - Resultados dos ensaios de mancha de areia na faixa de sentido PR-445 – BR-369	79
Figura 3.13 - Fotografia ilustrativa da Avenida Juscelino Kubitschek	81
Figura 3.14 - Resultados dos ensaios de mancha de areia na faixa de sentido Av. Rio Branco – Av. Santos Dumont	82
Figura 3.15 - Resultados dos ensaios de mancha de areia na faixa de sentido Av. Santos Dumont – Av. Rio Branco	82
Figura 3.16 - Fotografia ilustrativa da Avenida Leste-Oeste	84
Figura 3.17 - Resultados dos ensaios de mancha de areia na faixa de sentido Av. Dez de Dezembro – Av. Brasília.....	85
Figura 3.18 - Resultados dos ensaios de mancha de areia na faixa de sentido Av. Brasília – Av. Dez de Dezembro.....	85
Figura 3.19 - Fotografia ilustrativa da Avenida Tiradentes	88
Figura 3.20 - Resultados dos ensaios de mancha de areia na faixa de sentido Av. Rio Branco – BR-369.....	88
Figura 3.21 - Resultados dos ensaios de mancha de areia na faixa de sentido BR-369 – Av. Rio Branco.....	89
Figura 4.1 - Fotografia do dia do acidente analisado na Rodovia PR-445.....	108
Figura 4.2 - Fotografia do dia do acidente analisado na Rodovia PR-445.....	108
Figura 4.3 - Fotografia do dia do acidente analisado na Rodovia PR-445.....	108
Figura 4.4 - Fotografia do dia do acidente analisado na Rodovia PR-445.....	108
Figura 4.5 - Fotografia do local, tomada 11 meses depois do acidente.....	108
Figura 4.6 - Fotografia do local, tomada 11 meses depois do acidente.....	108
Figura 4.7 - Fotografia do local, tomada 11 meses depois do acidente.....	109
Figura 4.8 - Fotografia do local, tomada 11 meses depois do acidente.....	109
Figura 4.9 - Protocolo para avaliação pericial da macro e microtextura do pavimento asfáltico em local de acidente de trânsito	110

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

