

## **XV COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/SP – 2009**

### **TRABALHO DE PERÍCIA**

#### **RESUMO**

*A determinação da ocorrência da hidroplanagem, como causa de um acidente de trânsito, não é uma tarefa fácil, como pode parecer em um primeiro momento. A simples presença de água sobre o leito asfáltico, no momento do acidente, não é garantia de que tenha ocorrido este fenômeno. O levantamento correto de informações, tanto da pista quanto do veículo, permite uma análise mais adequada da real causa do acidente. As características da micro e da macrotextura do pavimento, assim como o tipo de pneu e a pressão de enchimento, são fatores decisivos para que ocorra a hidroplanagem. A correta análise permite atribuir uma responsabilidade do acidente não somente ao condutor do veículo, mas, em alguns casos, ao órgão responsável pela manutenção da rodovia (DNIT, DER ou Concessionárias), uma vez que as condições de aderência do pavimento podem estar abaixo dos limites de segurança recomendados. Neste trabalho foi analisado um acidente de trânsito ocorrido em uma rodovia federal, no Estado do Paraná, sendo que inicialmente a causa do acidente tinha sido atribuída à hidroplanagem, devidamente refutada tecnicamente ao final dos trabalhos periciais.*

Palavras-chave: **Acidentes de trânsito, Hidroplanagem, Aderência pneu/pavimento, Macrotextura, Microtextura.**

## 1 INTRODUÇÃO

Conforme Sany e Navin (2004), anualmente morrem 1,2 milhões de pessoas e lesionam-se 39 milhões de pessoas em decorrência de acidentes de trânsito em todo o mundo. Ainda segundo estes autores, os pavimentos são responsáveis por aproximadamente 28% dos acidentes. Estudos norte-americanos indicam que 14% de todos os acidentes com vítimas fatais ocorrem com pistas molhadas (Pottinger, 1986), sendo que a frequência de acidentes com pista molhada é quatro vezes superior àquela que ocorrem em pistas secas (Wambold, 1986). Em diversos acidentes ocorridos com pista molhada surgem os comentários de que as condições da pista contribuíram decisivamente para a ocorrência da “aquaplanagem”, verdadeira causa do sinistro. Tais afirmações, feitas por leigos, baseiam-se exclusivamente no fato da pista estar molhada e do condutor ter perdido o controle direcional de seu veículo. Acidentes devido ao fenômeno da hidroplanagem geralmente acontecem em situações especiais, com a combinação de alguns fatores, tais como velocidade, espessura da lâmina d’água, pressão hidrodinâmica, textura do pavimento, condições dos pneus dos veículos.

Estudos realizados por Hankin e outros (Wambold, 1986), a partir da análise de 500 acidentes, todos em pistas molhadas, indicaram quatro situações que se repetiram na maioria dos casos:

- a) os pavimentos apresentavam pequena macrotextura (macrotextura fechada);
- b) as profundidades dos sulcos dos pneus eram pequenas;
- c) os valores dos coeficientes de atrito eram baixos;
- d) as velocidades dos veículos imediatamente antes dos acidentes eram altas.

Assim, a análise de um acidente em pista molhada requer, para comprovação da ocorrência da hidroplanagem, estudos tanto no veículo quanto, principalmente, na pista de rolamento, a fim de verificar se as condições ali existentes seriam propícias à ocorrência do referido fenômeno.

## 2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Para analisar um acidente de trânsito, ocorrido em uma rodovia federal no Estado do Paraná, em um dia chuvoso, estudaram-se nove características do evento, a fim de verificar se as condições técnicas do pavimento e do veículo possibilitariam, ou não, a ocorrência da hidroplanagem:

### 2.1 Atrito na interface pneu/pavimento

A mobilidade e a dirigibilidade de um veículo automotor ficam diretamente condicionadas à aderência das bandas de rodagem com a superfície da camada de rolamento do pavimento.

No meio rodoviário observa-se que o coeficiente de atrito na interface pneu/pavimento é composto por duas parcelas:

- a) o atrito por adesão, decorrente da atração molecular das superfícies de contato (forças de *van der Waals*);
- b) o atrito devido à perda por histerese, decorrente da deformação cíclica da superfície dos pneus, pela aspereza do pavimento.

Quando há o atrito do pneu do veículo com a camada de rolamento do pavimento poderão ocorrer duas situações: rolamento ou deslizamento do pneu sobre o pavimento. Assim, existem dois tipos de coeficientes de atrito: longitudinal e transversal.

O Coeficiente de Atrito Longitudinal (CAL) refere-se à força desenvolvida na área de contato pneu/pavimento quando se arrasta uma roda travada. O ensaio para determinação deste coeficiente simula a resistência ao deslizamento em frenagens emergenciais ou quando um veículo é freado, acelerado ou desacelerado no sentido longitudinal.

Já o Coeficiente de Atrito Transversal (CAT) refere-se à força desenvolvida na área de contato pneu/pavimento perpendicular ao plano de rotação da roda, formando um ângulo em relação a sua direção de rotação. O ensaio para determinação deste coeficiente simula a resistência ao deslizamento transversal necessário para manter o veículo em curvas ou derrapagens.

## 2.2 Fenômeno da hidroplanagem

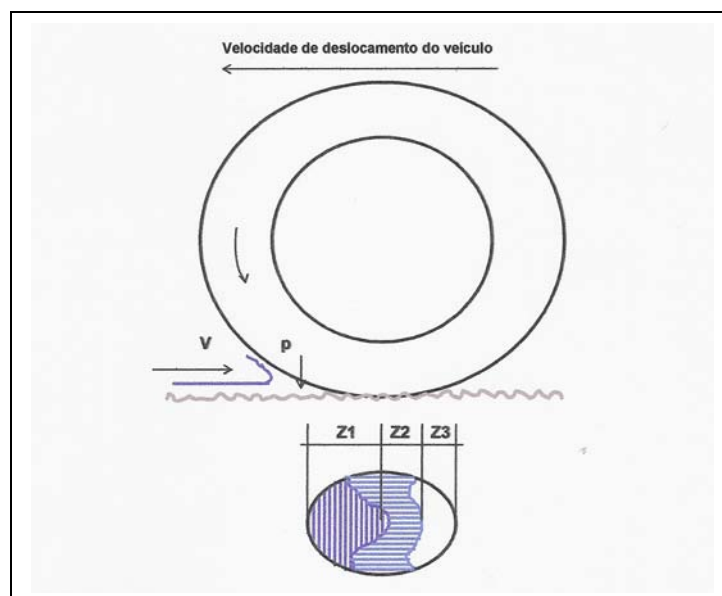
A presença de lâmina d'água sobre a pista faz surgir pressões hidrodinâmicas na área de contato do pneu com o pavimento, as quais aumentam com a velocidade desenvolvida pelo veículo. Dependendo da textura do pavimento, os valores das pressões hidrodinâmicas podem ser de tal magnitude que tenderão a levantar os pneus sobre uma onda que se forma a sua frente. Assim, o fenômeno da hidroplanagem ocorre quando a resultante proveniente das pressões hidrodinâmicas for superior ao valor da carga aplicada aos pneus pelo peso do veículo. Nestas condições, o atrito é reduzido a valores insuficientes para manter a dirigibilidade do veículo. Os pneus deslizarão sem manter contato direto com o pavimento, perdendo o controle direcional e a capacidade de frenagem. Para retomar o controle direcional do veículo o condutor deverá reduzir sensivelmente a velocidade, a fim de que as rodas voltem a transmitir os esforços necessários ao pavimento (Aps, 2006).

Pesquisas realizadas pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) demonstram que existem três zonas distintas de contato do pneu com o pavimento molhado, sendo que a porcentagem destas áreas dependerá da velocidade desenvolvida, da textura do pavimento, da pressão interna dos pneus e da manobra que estará sendo realizada (Silva e Rodrigues Filho, 1981):

**Zona 1 (Z1):** denominada “zona molhada”, é a região da área de contato recoberta por uma espessa lâmina d'água, sujeita à hidroplanagem dinâmica. Nesta zona, o pneu em movimento empurra a água para frente, formando uma onda (Figura 1 e Tabela 1).

**Zona 2 (Z2):** denominada “zona de transição ou intermediária”, é a região da área de contato recoberta por uma delgada lâmina d'água, sujeita à hidroplanagem viscosa. Nesta zona, o pneu passa a ter contato parcial com o pavimento devido à pequena espessura da lâmina d'água (Figura 1 e Tabela 1).

**Zona 3 (Z3):** denominada “zona seca ou de contato”, é a região da área de contato teoricamente sem a presença de água. Nesta zona, ocorre o contato direto entre o pneu e o pavimento, contribuindo para a desaceleração e para o controle do veículo (Figura 1 e Tabela 1).



**Figura 1:** Percurso da água pelo pneu com o conceito das três zonas (Aps, 2006)

**Tabela 1:** Hidroplanagem: total e parcial, modelo das três zonas (Aps, 2006)

Parâmetros	Hidroplanagem Total	Hidroplanagem Parcial	Contato
Zona	Z1	Z2	Z3
Condição do pavimento	Molhado	Úmido	Seco
Tipo de Interação	Deslizamento	Contato parcial	Rolamento
Propriedade relevante	Macrotextura	Microtextura	Macro e Micro
Fenômeno ocorrente	Hidroplanagem dinâmica	Hidroplanagem Viscosa	Atrito

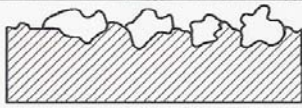
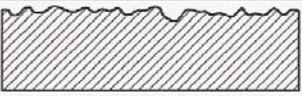
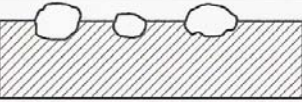
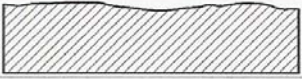
### 2.3 Textura do pavimento

Existem três classes de textura de pavimento: microtextura, macrotextura e megatextura (Wambold *et al*, 1995). Os limites entre os domínios de escalas de irregularidades de superfícies de pavimentos rodoviários foram estabelecidos por meio de critérios de comprimento de ondas (horizontal) e amplitude (vertical) (Tabela 2).

**Tabela 2:** Classificação de textura (ASTM E-867, 1997)

Domínio	Intervalo de Dimensões	
	Horizontal ↔	Vertical ↕
Microtextura	0 – 0,5 mm	0 – 0,2 mm
Macrotextura	0,5 mm – 50 mm	0,2 mm – 10 mm
Megatextura	50 mm – 500 mm	1 mm – 50 mm
Irregularidade	0,5 m – 50 m	1 mm – 20 cm

As combinações entre micro e macrotextura resultam em quatro tipos distintos de texturas: rugosa e aberta; rugosa e fechada; polida e aberta; polida e fechada (Figura 2).

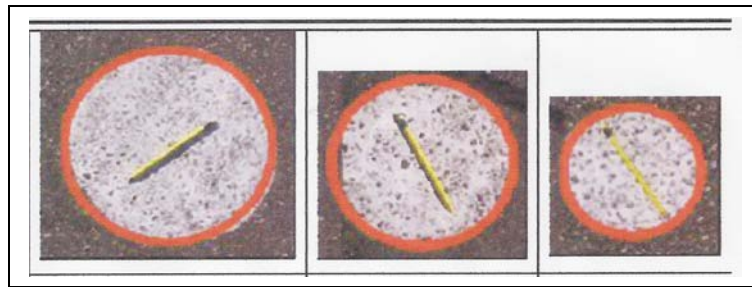
Microtextura	Macrotextura	Superfície	Tipo de Textura
Rugosa	Aberta		Rugosa e Aberta
	Fechada		Rugosa e Fechada
Polido ou Lisa	Aberta		Polido e Aberta
	Fechada		Polido e Fechada

**Figura 2:** Superfícies em função da classe de macro e microtextura (Aps, 2006)

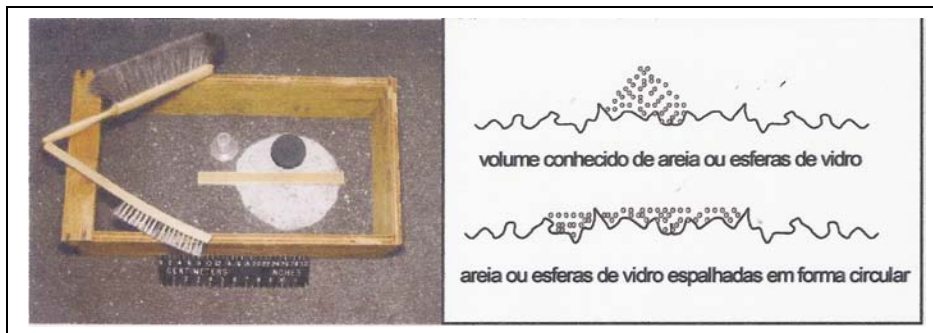
Observa-se, assim, que a superfície de rolamento depende das características conjuntas da macro e microtextura, que podem conduzir a um tráfego seguro ou a acidentes por derrapagem em situações de frenagem ou manobras emergenciais, principalmente em pavimentos molhados.

#### 2.4 Macrotextura do pavimento

A macrotextura de um pavimento fica condicionada à aspereza dos agregados da superfície, podendo ser classificada como rugosa ou polida. A textura do pavimento deve apresentar um adequado potencial de drenagem superficial, eliminando a água pelos seus microcanais. A avaliação da macrotextura do pavimento pode ser realizada por vários métodos de ensaio normatizados, sendo o mais utilizado no Brasil o da “Mancha de Areia” (ASTM E 965-96). Este ensaio consiste em preencher os vazios da textura superficial do pavimento com um volume conhecido de  $25.000 \text{ mm}^3 \pm 150 \text{ mm}^3$  de areia natural limpa e seca, uniforme, de grãos arredondados, que passa na peneira de abertura 0,3 mm e fica retida na peneira de abertura 0,15 mm, ou com microesferas de vidro com as mesmas características granulométricas da areia. A superfície do pavimento deve ser limpa com o auxílio de uma escova de mão macia, sendo a areia posteriormente espalhada sobre a superfície seca por meio de um disco de espalhamento com diâmetro entre 60 e 75 mm. Devem ser realizados pelo menos 04 ensaios para determinar a macrotextura média do pavimento, determinada pela média aritmética de 04 medições do diâmetro da mancha de areia, em 04 pontos distintos, sendo que a macrotextura pode ser classificada, de acordo com a norma ASTM E965-96, em fina, média e grossa (Figuras 2 e 3). Os valores recomendados pelo Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT), para este tipo de ensaio, encontram-se no intervalo de 0,60 a 1,20 mm (DNER, 2000).



**Figura 2:** Exemplo da classificação da macrotextura de um revestimento asfáltico em fina, média e grossa, da esquerda para a direita (modificado de Aps, 2006)



**Figura 3:** Aparelhos e procedimento de realização do ensaio de *mancha de areia* (Aps, 2006)

## 2.5 Microtextura do pavimento

O pavimento deve conter agregados com rugosidade suficiente para romper a lâmina d'água. Existem diversos ensaios que permitem avaliar a microtextura, sendo o mais conhecido, no Brasil, o do "Pêndulo Britânico", sendo este ensaio padronizado de acordo com a norma ASTM E303-93 (ASTM, 1998). Além da avaliação da microtextura, este ensaio permite avaliar as propriedades do atrito superficial do pavimento. O princípio desse ensaio é de avaliar a perda de energia cinética pelo atrito de uma base de borracha do equipamento com a superfície molhada do pavimento.



**Figura 4:** Equipamento "Pêndulo Britânico", utilizado para medição da microtextura.

Os valores recomendados pelo Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT), para este tipo de ensaio, expressos em BPN (*British Number Pendulum*), encontram-se no intervalo de 47 a 75 (DNER, 2000).

## 2.6 Drenagem superficial do pavimento

O sistema de drenagem superficial do pavimento tem por objetivo remover rapidamente a água pluvial precipitada, a fim de resguardar a integridade do pavimento e a segurança na condução do veículo. A inexistência de sistemas adequados de drenagem superficial ao longo de uma rodovia acarreta o acúmulo de água sobre o leito asfáltico, fator este preocupante e que interfere decisivamente na ocorrência da hidroplanagem, especialmente nos trechos em curva.

## 2.7 Bandas de rodagem

O desenho da banda de rodagem, as condições de desgaste desta banda e a pressão de enchimento do pneu interferem na ocorrência da hidroplanagem, especialmente no que se refere ao escoamento da água pluvial e às velocidades mínimas e médias de ocorrência deste fenômeno. O limite *Tire Wear Index* (TWI) serve de parâmetro para constatar se o pneu encontra-se em condições de utilização. O sulco deve ter uma profundidade mínima de 1,6 mm.

## 2.8 Precipitação

A intensidade da chuva precipitada permitirá lâminas de água maiores ou menores sobre o leito asfáltico, podendo, inclusive, ultrapassar as condições de drenagem superficial previamente projetadas para aquele trecho da via. Avalia-se a precipitação a partir da estação meteorológica mais próxima ao local do acidente, apresentando valores de chuva em milímetros por hora.

## 2.9 Velocidade

A velocidade de tráfego do veículo é de fundamental importância para verificar se é possível ocorrer o fenômeno da hidroplanagem ou se a possibilidade maior é da ocorrência de uma simples perda direcional do veículo por parte do motorista. Os cálculos são divididos em três componentes:

a) desaceleração do veículo, resultante do atrito dos pneus contra o leito da pista (gerando, em alguns casos, marcas de frenagem). Deve ser determinada a inclinação do pavimento e o valor do coeficiente de atrito dinâmico entre os pneumáticos do veículo e o pavimento. Essa parcela é calculada por meio da formulação clássica da dinâmica (Beux, 1996):

$$Vf(km/h) = 3,6 \times \sqrt{2 \times g \times d \times (f - h)} \quad , \text{ onde:} \quad (1)$$

$g$  : ação da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>);

$d$  : distância de frenagem (em metros);

$f$  : coeficiente de aderência entre os pneumáticos e o pavimento;

$h$  : inclinação longitudinal do leito, no local da frenagem.

b) danos no veículo, ou seja, qual a parcela da velocidade desenvolvida que resultou em forças suficientes para produzir as deformações apresentadas no automóvel. Quando um veículo se envolve em um acidente, uma parcela da

energia cinética é convertida em trabalho mecânico para a produção das avarias. Pelas avarias ocorridas no veículo pode-se projetar a velocidade dos danos, comparando-as visualmente com os resultados de testes de resistência ao impacto, levados a efeito pela indústria automobilística. Os danos advindos dos testes realizados pelas montadoras são organizados em tabelas, em função das velocidades dos testes, por intensidade e por tipo de deformação. Quanto à tipificação das avarias, a velocidade de danos tem por base os valores descritos na Tabela 3 (Aragão, 2003):

**Tabela 3:** velocidade de danos (Vd) em função dos tipos de avarias.

<b>Tipo de Avarias</b>	<b>Vd (km/h)</b>
Entortar pára-choque na porta	05
Entortar pára-choque no centro	10
Entortar pára-choque na saia	15/20
Amassar pára-lama	05/10
Amassar pára-lama rasgando	10
Amassar pára-lama arrancando	15
Afundar a grade do radiador	30/35
Afundar a grade do radiador e a colméia	40/45
Arrancar suspensão	40/45
Arrancar roda diretriz	40/45
Partir longarina	50/60
Arrancar motor dos calços	60/70
Arrancar roda motriz	50/60

A velocidade de danos pode ser atribuída, ainda, pela intensidade das avarias, em uma escala com o módulo de velocidade escalar crescente, para veículos de porte médio (gênero automóvel). Neste caso, os danos são subjetivamente classificados em leves, médios, graves e gravíssimos, conforme Tabela 4 (Aragão, 2003):

**Tabela 4:** velocidade de danos (Vd) em função da intensidade das avarias.

<b>Intensidade das Avarias</b>	<b>Vd (km/h)</b>
Leve	0/20
Média	20/40
Grave	40/60
Gravíssima	Acima de 60

c) posição final exata do veículo. Assim, pela equação de quantidade de movimento, determina-se qual a parcela da velocidade utilizada para conduzir o veículo até a respectiva posição de repouso.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Macrotextura do pavimento

A macrotextura foi mensurada por meio do ensaio de mancha de areia. A altura de areia determinada foi de 0,93 mm. Este valor classifica a macrotextura como “aberta”.



### 3.2 Microtextura do pavimento

A microtextura foi mensurada por meio do ensaio pêndulo britânico. O valor obtido, expresso em resistência à derrapagem, foi de 68 BPN. Este valor classifica a microtextura como “rugosa”.

### 3.3 Classificação do pavimento

A capa asfáltica da rodovia, no local do acidente, é de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ). Os resultados obtidos pelos ensaios de macro e microtextura classificam a textura do pavimento como aberta e rugosa (Figura 5):



**Figura 5:** vista da rodovia, no local do acidente.

### 3.4 Drenagem superficial do pavimento

A rodovia, no trecho considerado, desenvolve-se em trecho reto e em nível, Apresenta adequado sistema de drenagem superficial, com inclinações médias transversais de 1%. Apresenta, ainda, canaletas laterais para captação e remoção da água pluvial removida do leito asfáltico. O sistema é eficiente para a intensidade de chuva prevista para dimensionamento de rodovias.

### 3.5 Bandas de rodagem

Os pneus do veículo são de marca de fabricação Pirelli, modelo P 2000, aro 13, 175/70. Os pneus dianteiros apresentavam uma pressão média de enchimento de 28,7 PSI, enquanto os pneus traseiros apresentavam uma pressão média de enchimento de 30,2 PSI (pressões recomendadas pelo fabricante dos pneus). As profundidades dos sulcos apresentavam os seguintes valores: pneu anterior esquerdo: 5,9 mm; pneu anterior direito: 5,6 mm; pneu posterior esquerdo: 5,3 mm; pneu posterior direito: 5,5 mm. Estas profundidades de sulcos classificam os pneus entre estado novo e de meia-vida, ou seja, em adequadas condições para o tráfego.

### 3.6 Precipitação

Conforme a estação meteorológica mais próxima do local do acidente (distância aproximada de 7 km), a precipitação média, na hora do sinistro, era de 9 mm/h. Este valor de precipitação, em combinação com a classificação do pavimento, com o tipo de sistema de drenagem superficial do pavimento e com a

duração da precipitação (aproximadamente 3 horas e 40 minutos), permite a formação de uma lâmina d'água máxima de 0,15 cm (testes hidrológicos).

### **3.7 Velocidade**

A velocidade aproximada desenvolvida pelo veículo, calculada por meio das formulações e tabelas descritas no item 2.9, era de 91 km/h (noventa e um quilômetros por hora).

## **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO**

Após a realização dos estudos técnicos na via e no veículo acidentado, considera-se e conclui-se que:

**a)** considerando que as características de macro e microtextura da capa asfáltica (aberta e rugosa), no local do acidente, facilitam a aderência dos pneus, além de serem eficientes para o escoamento da água pluvial;

**b)** considerando que o sistema de drenagem superficial do pavimento, no local do acidente, apresenta os requisitos técnicos necessários à correta remoção da água pluvial precipitada;

**c)** considerando que os sulcos das bandas de rodagem dos pneus do veículo apresentam valor médio (5,6 mm) bastante superior à mínima profundidade recomendada (1,6 mm);

**d)** considerando que a precipitação ocorrida no momento do acidente produziu pequena lâmina d'água (máximo de 0,15 cm);

**e)** considerando que a velocidade desenvolvida pelo veículo (91 km/h) pode ser considerada como não-excessiva, considerando-se a velocidade diretriz de projeto da rodovia (110 km/h);

**f)** conclui-se que o motorista do veículo perdeu o controle direcional de seu veículo por imperícia na condução. Exclui-se tecnicamente, portanto, a possibilidade de ocorrência do fenômeno da hidroplanagem como causa do acidente ora analisado.

## BIBLIOGRAFICA CONSULTADA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL ASTM E303-93 (1998): **Standard method for measuring frictional properties using the british pendulum tester**. West Conshohocken: ASTM Standards, 1998, vol. 04.03, 5p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. ASTM E965-96 (2001): **Standard test method for measuring surface macro texture depth using a volumetric technique**. West Conshohocken: ASTM Standards, 2001, vol. 04.03, 5p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. ASTM E867-97 (1997): **Terminology relating to vehicle-pavement systems**. West Conshohocken: ASTM Standards, 1997, vol. 04.03, 8p.

APS, M.; BERNUCCI L. L. B.; COSTA, A. L. A.; CANALE, A. C.; QUINTANILHA, J. A.; SINATORA, A.; MACHADO FILHO, P. R. (2003). **Aderência pneu-pavimento obtida por meio de ensaios de micro e macrotextura e em provas de frenagem com veículos comerciais e sua interface na simulação dinâmica de um veículo em pista**. In: Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, 8ª ed., Gramado.

APS, M.; BERNUCCI L. L. B.; BERTOLLO, S. A. M.; GONÇALVES, A. L.; VILLAVERDE, R. B.; CORRÊA, F. R.; BARREIRO, N. P. (2003). **Avaliação da macro e microtextura em pavimentos asfálticos urbanos visando à segurança viária**. In: Reunião Urbana de Pavimentação da ABPv, 12ª ed., Aracajú.

APS, M. (2006). **Classificação da aderência pneu-pavimento pelo índice combinado IFI – International Friction Index para revestimentos asfálticos**. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, 2006.

ARAGÃO, Ranvier Feitosa. **Tratado de perícias criminalísticas – acidentes de trânsito: aspectos técnicos e jurídicos**. Porto Alegre. Editora Sagra-Luzzatto, 2003.

BEUX, Armindo. **Infelizmente no trânsito – vade-mécum do analista dos delitos no trânsito**. Porto Alegre. Editora Sagra-Luzzatto, 1996.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Licitação na modalidade leilão para concessão da exploração do lote 13, composto pelas rodovias BR-116/PR, BR-376/PR e BR-101/SC trecho Curitiba – Joinville – Florianópolis**. Edital 497/2000, Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.

LI, S.; ZHU, K.; NOURELDIN, S.; HARRIS, D. (2005). **Identifying friction variations with the standard smooth tire for network pavement inventory friction testing**. In: Transportation Research Record 1905, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2005, pp. 157-165.

MURAD, M. M; ABAZA, K. A. (2006). **Pavement friction in a program to reduce wet weather traffic accidents at the network level**. In: Transportation Research Record 1949, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2006, pp. 126-136.

ONG, G. P.; FWA, T. F.; GUO, J. (2005). **Modeling hydroplaning and effects of pavement microtexture**. In: Transportation Research Record 1905, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2005, pp. 166-176.

POTTINGER, M. G.; YAGER, T. J. **The tire pavement interface**. Baltimore: ASTM Standards, 1986. p. 9-15.

SANY, R. Z.; NAVIN, F. P. D. (2004). **Improving traffic safety – a new systems approach**. In: Transportation Research Record 1830, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2003, pp. 1-9.

SILVA, A. M.; RODRIGUES FILHO, O. S. **Grooving: aspectos teóricos e executivos da aplicação em pavimentos aeroportuários**. São Paulo: COPASP, 1981.

WAMBOLD, J. C.; HENRY, J. J.; AND HEGMON, R. R. **Skid resistance of wet-weather accident sites**. In: POTTINGER, M. G.; YAGER, T. J. The tire pavement interface. Baltimore: ASTM Standards, 1986. p. 9-15.

WAMBOLD, J. C.; ANTLE, C. E.; HENRY, J. J.; RADO, Z. **International PIARC experience to compare and harmonize texture and skid resistance measurements**. Paris: PIARC, 1995. 423 p.