

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

MARCIA APS

**CLASSIFICAÇÃO DA ADERÊNCIA PNEU-PAVIMENTO PELO  
ÍNDICE COMBINADO *IFI – INTERNATIONAL FRICTION INDEX*  
PARA REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS**

São Paulo

2006

MARCIA APS

**CLASSIFICAÇÃO DA ADERÊNCIA PNEU-PAVIMENTO PELO  
ÍNDICE COMBINADO *IFI* – *INTERNATIONAL FRICTION INDEX*  
PARA REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS**

Tese apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção do  
Título de Doutor em Engenharia

Área de concentração:  
**Engenharia de Transportes**

Orientadora:  
**Prof.<sup>a</sup> Livre-Docente, Doutora  
Liédi Légi Bariani Bernucci**

São Paulo  
2006

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Aps, Marcia**

**Classificação da aderência pneu-pavimento pelo índice combinado IFI – International Friction Index para revestimentos asfálticos / M. Aps. -- São Paulo, 2006.**

**179 p.**

**Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.**

**1.Pavimentação asfáltica 2.Aderência pneu-pavimento 3.IFI - International Friction Index I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes II.t.**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**MARCIA APS**

CLASSIFICAÇÃO DA ADERÊNCIA PNEU-PAVIMENTO PELO ÍNDICE COMBINADO IFI –  
*INTERNATIONAL FRICTION INDEX* PARA REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

Texto apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção  
do Título de Doutor

Área de concentração: **Engenharia de Transportes**

Aprovado em: \_\_\_\_\_

### Banca Examinadora

\_\_\_\_\_  
Professora Livre-Docente, Doutora Liédi Légi Bariani Bernucci  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

\_\_\_\_\_  
Professor Livre-Docente Doutor José Alberto Quintanilha  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

\_\_\_\_\_  
Doutor Octávio de Souza Campos  
Agência de Transporte do Estado de São Paulo

\_\_\_\_\_  
Doutor José Augusto Pereira Ceratti  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

\_\_\_\_\_  
Doutor Ernesto Simões Preussler  
Empresa Dynatest Engenharia Ltda.

# Errata

---

<b>Página</b>	<b>Linha</b>	<b>Onde se lê</b>	<b>Leia-se</b>
Folha de Aprovação	16	Dr José Augusto Pereira Ceratti	Dr Jorge Augusto Pereira Ceratti
Agradecimentos	28	Dr José Augusto Pereira Ceratti	Dr Jorge Augusto Pereira Ceratti
52	7	item 2.4 a seguir	item 2.5.
111	5	(Calegare, 2001)	Montgomery, Douglas C. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade LTC – 2004 – 4a Edição

# Dedicatória

---

**A minha mãe Irene,  
ao Ary e ao Aryzinho Aps  
(*in memoriam*) pai e irmão**

# Agradecimentos

---

Agradeço a todos que contribuíram para a realização desta pesquisa, os quais tornaram esta tarefa possível, portanto considero que a elaboração de uma Tese de Doutorado é o resultado de um trabalho coletivo mesmo sendo sua a redação e a maioria das fases, responsabilidade e estresse predominantemente individual. Corro o risco de não dar conta de expressar esse **"muitíssimo obrigada"**, como é devido, a muitos e tantos adorados familiares, amigos e colegas de profissão, tanto aos "antigos" e queridos quanto aos "novos" que se revelaram ao longo desse período.

É difícil exprimir a beleza que foi esse movimento de energias que aconteceu ao longo dessa travessia, onde se destacou também, além da formalidade, um sentido: o da formação de uma verdadeira rede de solidariedade e de muito, muito carinho. Para maior percepção desse sentido devo contar que esta não foi uma caminhada breve, mas uma jornada que parecia sem fim, principalmente pelos imprevistos pessoais de toda ordem, que me atropelaram. Essas muitas dificuldades, longe de obscurecerem o trajeto, aumentaram-lhe o brilho e ao invés de me deterem, impulsionaram-me com mais força. Portanto, agradeço:

- Em primeiro lugar a minha família, **D. Irene** (minha mãe), **Matheus, Amanda e Liara** (sobrinhos e cunhada) e tomo a liberdade de destacar meu irmão, **Ary**, que tinha tanto orgulho desse trabalho e que precocemente nos deixou sem ver a sua conclusão;
- Continuando com a família, agradeço a **Prof. Dra. Liédi Légi Bariani Bernucci** orientadora, amiga, parceira, que além de tudo abriu as portas de sua casa e me deu a oportunidade de ser o "quinto elemento"; por seu intermédio agradeço também ao **Nick**, ao **André** e ao **Felipe** que dividiram a esposa e mãe comigo;
- **Ao Prof. Dr. Job Shuji Nogami** que facilitou minha permanência em São Paulo nos primeiros anos da Tese, que se mostrou mais que um amigo - um pai; juntos, muitas vezes, dividimos angústias, desabafos e solidariedade, contamos nossas histórias de vida, choramos e rimos muito também;
- **Ao Eng. Paulo R. M. Mesquita** que com toda a sua paciência e seu companheirismo tornou meu trabalho menos solitário e mais suave;

- Aos meus amigos de Santos que tão carinhosamente me substituíram em muitas ocasiões difíceis junto a minha família: **Marilda, Solange, Rita e Nelsinho, Sarinha e D.Ana, Aninha e Fernando, Marisa** e a minha fiel escudeira **Nena**, a vocês dedico o meu afeto!
- Ao IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo pelo incentivo, mesmo quando vinha na pergunta do Diretor Técnico **Dr. Marcos Tadeu**: Quando você vai terminar a Tese? Destaco ainda a equipe da Seção de Vias Terrestre e Estruturas os Engenheiros Mestres e amigos **Elieni**, menina de ouro, **Marcus** e **Adérito** que tanto contribuíram na reta final desta tese; o tecnólogo **Rubens**, o estagiário **Jonas** e os técnicos **Jurandir, Camarão, Valmir, Alemão, Nequinha e Roberto**; o Diretor **Dr. José Maria**, a estatística **Lucinha**; as secretarias e amigas **Bete, Silmara e Leila**; pela ajuda de cada um de vocês OBRIGADA!
- Ao **Prof. Dr. José Alberto Quintanilha** pelo auxílio na análise estatística dos resultados;
- **Eng. João Menescal Fabrício** da ECL Engenharia Consultoria e Economia SA, que acreditou nessa pesquisa e foi o responsável pela recomendação deste índice e do nosso trabalho publicado no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT;
- Aos amigos da USP – Prof. Dr. **Hugo Pietrantônio**; Prof. Dr. **Denizar Blitzkow**; Mestres: **Oswaldo Sansone Rodrigues Filho, Edson de Moura, Rafael Reis, Humberto Nascimento**; As Doutoras **Andréa Severi e Sandra Bertollo**; ao **Pedro**, aluno de iniciação científica; as maravilhosas: **Conceição, Simone, Diomária e Cidinha** e também ao **Edson**.
- A **CAPES**, pela bolsa no início do Doutorado;
- As empresas e aos órgãos: Concessionária **Ecovias** dos Imigrantes SA; **Serveng-Cilvisan** SA; **Ipiranga** Asfaltos SA; Concessionária **Nova Dutra** na pessoa da Eng. **Valéria Faria**; **Pirelli** Pneus S. A, na pessoa do Engenheiro **Luciano Santana** e do Mestre **Argemiro** Costa; **Doutor José Augusto Pereira Ceratti** da UFRGS; **Doutor Octávio de Souza Campos** da ARTESP; **INFRAERO** – Superintendência Regional do Sudeste na pessoa do **Eng. Lucínio Baptista da Silva** e do **Arquiteto Jaime Henrique Caldas Parreira**, Superintendente do Aeroporto Campo de Marte; Eng. **José Augusto de Oliveira** do DAER; **DNIT** pela valorização do trabalho; Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos da **Prefeitura Municipal de Santos**; aos alunos da UniSantos onde destaco os que participaram de ensaios de campo: **Everton, Paulo Danilo, André, Caio, Fábio e Vitor** – turma de 2004.



# Resumo

---

A caracterização da macrotextura e microtextura da superfície de pavimentos asfálticos pode ser obtida por meio de diversos tipos de equipamentos que possuem características distintas. Os resultados dos ensaios obtidos por esses diferentes equipamentos foram comparados e harmonizados por uma grande pesquisa desenvolvida pela PIARC (*Permanent International Association of Road Congress*, atualmente denominada de *World Road Association*) que converteu estes diferentes valores em um índice internacional combinado denominado de *IFI - International Friction Index*. Posteriormente, a ASTM especificou o emprego deste índice por meio da publicação da norma E 1960-98 *Standard Practice for Calculating International Friction Index of a Pavement Surface*.

Nesta tese foram avaliados a textura e o atrito em doze tipos de revestimentos asfálticos com características distintas: usinados a quente de diversas graduações, tratamentos superficiais, microrrevestimentos a frio e lamas asfálticas, por meio de aparelhagem portátil: ensaios de mancha de areia e Pêndulo Britânico, respectivamente. Estes diferentes revestimentos apresentam uma gama de textura variando de aberta e rugosa a fechada e polida. Os resultados geraram um banco de dados com 417 valores de campo, sendo 178 referentes à macrotextura, 166 à microtextura e 73 à drenabilidade. Com estes dados, foram calculados valores de *IFI*, compostos pelos parâmetros  $S_p$  e  $F_{60}$ , resultando em 165 pares de valores. Com base na experiência prática e análises estatísticas, demonstrou-se a validade de uso de equipamentos portáteis para a determinação dos valores de *IFI* e estabeleceram-se critérios e faixas de classificação para a aderência em função do par de valores de *IFI* ( $S_p$ ;  $F_{60}$ ). Esta classificação possibilita os órgãos viários a usarem o *IFI* ( $S_p$ ;  $F_{60}$ ) como uma ferramenta de gerência de pavimentos para avaliarem as condições de aderência em pista molhada de suas vias ou de locais específicos, objetivando, quando necessária, a realização de intervenções.

# Abstract

---

The characterization of the macrotexture and microtexture of asphalt pavements surfaces can be obtained by means of different types of equipment presenting different characteristics. The results of the essays obtained by these different equipment were compared and harmonized by an ample research developed by PIARC (*Permanent International Association of Road Congress*, now denominated *World Road Association*) which converts these different values into an international combined index denominated *IFI - International Friction Index*. Later, the ASTM specified the employment of this index by publishing norm E 1960-98 *Standard Practice for Calculating International Friction Index of a Pavement Surface*.

In this thesis, texture and friction were evaluated on twelve types of asphalt pavings with different characteristics: hot asphalt mixes of different gradations, asphalt surface treatments, cold-mixed micro-surfacing and slurry seals, by means of portable equipment, sand patch and British pendulum essays, respectively. These different pavings present a range of texture varying from open and rough to closed and polished. The results generated a database with 417 field values, being 178 related to macrotexture, 166 to microtexture and 73 to drainability. With these data, *IFI* values were calculated, composed by parameters  $S_p$  and  $F_{60}$ , resulting in 165 pairs of values. Based on practical experience and on statistical analyses, the validity of using portable equipment for determining the *IFI* values was demonstrated and classification criteria and bands for adherence were established in function of the pair of *IFI* values ( $S_p$ ;  $F_{60}$ ). This classification allows road organisms to use *IFI* ( $S_p$ ;  $F_{60}$ ) as a pavement management tool to assess the adherence conditions on the wet lanes of their roads or on specific sites, aiming to conduct interventions, whenever necessary.

## 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:

