

REVISTA

ABPV

Associação Brasileira de Pavimentação



PAVIMENTAÇÃO

Ano II – Nº 5 – Março de 2007 – www.abpv.org.br – ISSN 1809-1865

Rodovias sob concessão

A polêmica sobre tarifas e lucros

Avaliações comparativas de métodos de avaliação das condições superficiais de estrada não-pavimentada

Fábio Mutti Ferreira e Cássio Eduardo Lima de Paiva

No Encontro das Águas, os Caminhos da Integração

Manaus vai sediar a 38ª Reunião
Anual de Pavimentação (RAPv)
e o 12º Encontro Nacional de Conservação
Rodoviária (ENACOR)

38ª RAPv & 12º ENACOR

de 12 a 16 de agosto – Manaus (AM – Brasil)

Você está convidado a participar do maior
evento rodoviário do País. Já foram recebidos mais
de 100 trabalhos técnicos. Não fique de fora.

Entre em contato pelos telefones
(21) 2233-2020 (ABPv) – (61) 3226-5575 (ABDER)
ou pelo site www.38rapv.com.br



Rua Miguel Couto, 105 – Sobrelojas 204 e 205
20070-030 – Rio de Janeiro – RJ
Tel: (21) 2233-2020 / 2263-5794 – Fax: (21) 2233-0709

CONSELHO EDITORIAL

Diretoria da ABPv

COORDENAÇÃO GERAL

Arq^{ta} Georgina Libório Azevedo
georgina@abpv.org.br

JORNALISTA RESPONSÁVEL

Jean Pierre M. Santiago
MTb 27170-RJ

redacao@revistapavimentacao.org.br

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO

Presidente: **ENG^o EDUARDO ALBERTO RICCI**

Vice-Presidente: **ENG^o JORGE PAULO MORO**

Diretor Administrativo: **ENG^o LAURA M^a GORETTI DA MOTTA**

Diretor Técnico: **CEL ENG^o PAULO ROBERTO DIAS MORALES**

Diretor Financeiro: **ENG^o SILVIO RODRIGUES FILHO**

Diretor de Divulgação: **ENG^o RONALDO VIZZONI**

Assessora de Diretoria: **Arq^{ta} GEORGINA LIBÓRIO AZEVEDO**

COMITÊ TÉCNICO-CIENTÍFICO

Eng^o Alexandre Zupolini Neto; Eng^o Alvaír Pinto Barbosa; Eng^o Antônio Fortunato Marcon; Eng^o Armando Martins Pereira; Eng^o Atahualpa Schmitz da S. Prego; Eng^o Carlos Yukio Suzuki; Eng^o Cássio Eduardo Lima de Paiva; Eng^o Chequer Jabour Chequer; Eng^o Djalma Rocha A. M. Pereira; Eng^o Douglas Fadul Villibor; Eng^o Dultevir Guerreiro Vilar de Melo; Eng^o Edinaldo Afonso Marques de Mélo; Eng^o Eduardo Alberto Ricci; Eng^o Ernesto Simões Preussler; Eng^o Fernando Augusto Jr.; Eng^o Francisco Samuel Pithon Barreto; Eng^o Genésio Almeida da Silva; Arq^{ta} Gilda Collet Bruna; Eng^o Glicério Trichês; Eng^o Heitor Roberto Giampaglia; Eng^o Humberto Santana; Eng^o Jacques de Medina; Eng^o João Menescal Fabrício; Eng^o João Virgílio Merighi; Eng^o Jorge Augusto Pereira Ceratti; Eng^o Jorge Eduardo Salathé; Eng^o Jorge Paulo Moro; Eng^o José Franklin Moreira; Eng^o José Leomar Fernandes Júnior; Eng^o José Pedro dos Santos Vieira Costa; Eng^o José Tadeu Balbo; Eng^o Laiz de Souza; Eng^o Laura M^a Goretti da Motta; Eng^o Leni F. M. Leite; Eng^o Leto Momm; Eng^o Liedi Legi B. Bernucci; Eng^o Luciana Nogueira Dantas; Eng^o Luiz Miguel de Miranda; Eng^o Marcello Roberto Rangel Pestana; Eng^o Maria da Conceição M Azevedo; Eng^o Márcio Muniz de Farias; Eng^o Marçalio Augusto Neves; Eng^o Mario Henrique Furtado Andrade; Eng^o Nilton de Souza Campelo; Eng^o Otacílio Alves de França Júnior; Eng^o Paulo Roberto Belisário S. de Souza; Eng^o Paulo Romeu Assunção Gontijo; Eng^o Prepredigna D. E. Almeida da Silva; Eng^o Rita Moura Fortes; Eng^o Salomão Pinto; Eng^o Silvio Rodrigues Filho; Eng^o Saul Birman; Eng^o Walter Canales Sant'ana; Eng^o Wanda Trigo Loureiro; Eng^o Washington Pérez Nuñez.

Editoração Eletrônica: MURO Produções Gráficas
muro@email.com.br

Fotolito e Impressão: Sermograf

Tiragem: 5.000 exemplares – Periodicidade: Trimestral



Nossa capa:

Arte sobre a imagem da Rodovia BR-277, sob concessão da Ecovia, PR.

Foto: Georgina Libório Azevedo

Sumário

- 2 Editorial
- 3 In memoriam
- 4 Seção de notas
- 6 Carta dos leitores
- 7 Transporte rodoviário de cargas passa a ter legislação específica para as suas atividades

REPORTAGEM

- 11 Altas tarifas de pedágios? Altos custos?
Duas perguntas sem respostas consensuais.
As divergências entre Governo,
Concessionárias e Críticos do Modelo de
Concessão Brasileiro
- 17 Normas básicas para submissão de artigos
e contribuições técnicas

ARTIGOS TÉCNICOS

- 18 Avaliações comparativas de métodos
de avaliação das condições superficiais de
estrada não-pavimentada
Fábio Mutti Ferreira e Cássio Eduardo Lima de Paiva
- 28 Avaliação dos efeitos das solicitações do
tráfego sobre o desempenho de pavimentos
flexíveis portugueses e brasileiros
*José Leomar Fernandes Júnior, Jorge Carvalho Pais
e Paulo António Alves Pereira*

- 39 Retardamento de reflexões de trincas
em recapeamento
*Washington Peres Núñez, Viviane Wickbolt, Jorge
A. P. Ceratti, Armando Morilha Júnior e Paulo Ruwer*

ESPAÇO ACADÊMICO

- 46 Teses e dissertações defendidas na USP
- 52 Fatos históricos

Editorial

A Revista PAVIMENTAÇÃO completa seu primeiro ano de existência, o que faz desta uma edição comemorativa. O projeto, que nasceu do objetivo da Diretoria da ABPv de divulgar a boa técnica e trazer à discussão da sociedade os temas mais relevantes ligados à pavimentação, hoje se encontra consolidado entre instituições públicas e privadas, academia e toda a comunidade profissional.

Começamos na primeira edição do ano de 2006 abordando os 31 anos de construção da Ponte Rio–Niterói, esta obra que tanto dignifica a engenharia brasileira. E também trouxemos artigos técnicos sobre Sinalização Horizontal.

O início do ano passado foi pautado por uma discussão que ganhou toda a sociedade, o Programa Emergência de Trafegabilidade e Segurança das Estradas, implementado pelo Governo Federal. Mais conhecido como Operação Tapa-Buraco, o programa tinha como meta restabelecer a trafegabilidade imediata em diversas estradas do País. A Revista trouxe, então, uma reportagem especial abordando a polêmica em torno da operação emergencial, as discussões sobre a falta de licitação das obras e, principalmente, a questão da técnica que estava sendo empregada.

A edição de número 3 inaugurou o novo projeto gráfico da Revista, que, apesar de ser uma publicação recente, procurou encontrar sua melhor identidade visual. Nesta edição, a reportagem de capa seguiu a deixa da reportagem da edição anterior. Concluída a Operação Tapa-Buraco, nossa reportagem foi conferir os resultados do PETSE, apresentando seus erros e acertos e as lições que ficaram para toda a sociedade e, fundamentalmente, para as autoridades públicas e para os profissionais do setor.

Na quarta edição, que fechou o ano de 2006, começamos a discutir o novo retrato das nossas estradas, ou seja, o modelo brasileiro de concessão de rodovias. O tema já estava na pauta dos grandes assuntos desde 1994 quando o Estado passou a delegar à iniciativa privada a responsabilidade pela manutenção e conservação de considerável parte das estradas do País. Mostramos que existem hoje no Brasil 36 empresas concessionárias, entre concessões federais, estaduais e municipais.

Levantamos também, a partir do editorial, a discussão sobre o modelo do Estado enxuto, aquele que atua apenas como regulador. À ideologia do Estado ineficiente em seus organismos burocráticos e carente de recursos, contrapomos a história de sucesso do extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER.

E finalmente, seguindo a tônica da reportagem de capa da edição anterior, nesta de número 5 voltamos a abordar as concessionárias rodoviárias, desta vez especificamente sobre a questão dos lucros obtidos por elas. A polêmica gira em torno se tais lucros são elevados ou estão em sua margem correta. Nesse sentido, a cobrança do pedágio, que é o gerador de toda a receita, ganha destaque especial, tomando por base ser o usuário, aqui representando toda a sociedade, o grande interessado em uma tarifa justa. No entanto, é quase unanimidade que as tarifas são dispendiosas para o usuário das estradas.

Procuramos com esta reportagem apenas informar o que se está passando em torno destas discussões, sem que lancemos o nosso juízo. Acreditamos que isto caiba ao leitor.

Em reportagem suplementar, a Revista traz na íntegra o texto da Lei 11.442/07, que trata do disciplinamento do transporte de cargas. Ela traz importantes inovações para o exercício da atividade de transporte rodoviário de cargas, sendo certo, entretanto, que alguns dos dispositivos dela dependerão de regulamentação a ser baixada por decreto ou resolução do Governo Federal. Alguns pontos da nova lei são destacados no texto de introdução, para permitir a rápida compreensão das modificações introduzidas no ordenamento jurídico.

Fatos Históricos faz uma pequena viagem sobre os aeroportos no Brasil. O Eng. Atahualpa Schmitz, com a colaboração do Eng. Sílvio Rodrigues Filho, aborda fatos interessantes e questões técnicas relevantes sobre a construção de aeroportos.

Três artigos inéditos aprovados pelo Comitê Técnico-Científico da ABPv fecham esta edição, além de seções de notas, cartas dos leitores com as respostas da Redação e espaço acadêmico, com temas de teses e dissertações da área de engenharia de pavimentação defendidas na USP – São Carlos.

A todos que acreditaram nesta Revista, aos profissionais que enviaram artigos para a publicação, aos membros do Comitê Técnico-Científico, aos associados, aos entrevistados, aos colaboradores e patrocinadores e a cada leitor anônimo, a Diretoria da ABPv, em nome também da Coordenação da Revista PAVIMENTAÇÃO, agradece pela confiança e pelo crédito prestado a esta publicação. Nossa tarefa é seguir difundindo a boa técnica e sempre prestigiar o setor de pavimentação do País, bem como todos os seus profissionais. Tudo isto em prol da sociedade brasileira.

Boa leitura e até a próxima!

Conselho Editorial

In memoriam



Engº Jorge Eduardo Salathé (1937 - 2007) **Sócio N° 498**

Como primeira homenagem póstuma, dirigimos ao engenheiro químico Jorge Eduardo Salathé, que faleceu em 9 de janeiro de 2007.

Salathé era sócio da ABPv, foi coordenador da Comissão de Pavimentação Urbana e responsável pelos cursos promovidos neste setor. Foi ainda membro do Conselho Fiscal da Associação. Formado em Engenharia Química pela antiga Universidade do Brasil, ao longo de sua vida construiu um respeitável currículo. Foi membro do Grupo de Normas para Asfalto e Emulsões Asfálticas; Superintendente de apoio tecnológico da Secretaria Municipal de Obras da cidade do

Rio de Janeiro, onde posteriormente viria a ser diretor da Divisão de Tecnologia da Diretoria Industrial. Nos anos 60 tornou-se Assistente da Cadeira de Física na Escola Nacional de Química e Chefe do Serviço de Betume e Química da Divisão de Tecnologia do antigo Departamento de Estradas de Rodagem do Estado da Guanabara (DER-GB).

Publicou diversos trabalhos no Brasil e no exterior e desempenhou uma série de atividades de assessoria para entidades públicas e empresas, o que lhe conferiu notoriedade e respeito de todo o meio profissional e acadêmico.



Professor Eduardo Barbosa Cordeiro (1935- 2006) **Sócio N° 211**

A ABPv presta homenagem póstuma também ao ilustre professor Eduardo Barbosa Cordeiro, que foi presidente da Associação entre os anos de 1982 e 1983.

Nascido em janeiro de 1935, formou-se na década de 50 na Escola de Engenharia Civil da Universidade do Brasil, hoje Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. E lá foi, posteriormente, professor de Mecânica dos Solos e Pavimentação, de 1958 a 1992; professor da UERJ entre 1964 e 1994, sendo diretor da Escola de Engenharia desta universidade entre 1984 e 1987. Atuou como Secretário de Obras do Estado do Rio de Janeiro entre 1968 e

1969 e Secretário de Águas e Saneamento entre 1969 e 1971. Diversos projetos de pavimentos de várias estradas federais em todo Brasil levam a sua assinatura. Foi também diretor das empresas MMC, Cordeiro Engenharia, Cordeiro Projetos e Obras Ltda. Realizou ainda projetos importantes de barragens e aterros sanitários na área de meio ambiente. Eduardo Barbosa Cordeiro faleceu em 4 de fevereiro de 2006.



Engº Albino Pereira Martins (-2007) **Sócio Coletivo N° 19**

Líder, comandante e grande amigo, assim se define o Engº Albino Martins por seus companheiros e colegas. Albino ingressou na empresa Engesur na época em que ainda se chamava Louis Beger Engenharia. Começou como engenheiro rodoviário e participou de grandes projetos rodoviários do Brasil, como a Transamazônica, a Belém–Brasília e do Projeto de Ponte Internacional sobre o Rio Tacutu, hoje em construção no Panamá. Foi também membro do Conselho Fiscal da ABPv, representando os sócios coletivos pela Engesur. Por conta de sua alegria, sua conversa franca e agradável, Albino fez grandes amizades. Em fevereiro deste ano ele encerrou o ciclo terrestre, deixando um legado de competência e amor ao seu trabalho.

Seção de notas da Revista PAVIMENTAÇÃO

Membro do Conselho Fiscal da ABPv recebe Medalha do Mérito Mauá em Brasília



O Engº João Menescal Fabrício, sócio e membro do Conselho Fiscal da ABPv, foi condecorado no final do ano de 2006, no Clube do Exército, em Brasília, com a Medalha do Mérito Mauá. A honraria é concedida pela Presidência da República a quem contribui para o desenvolvimento da

política de transporte do governo. Estiveram presentes na cerimônia o presidente do Senado, Renan Calheiros, e o então da Câmara Federal, Aldo Rebelo.

Diversas outras autoridades também foram homenageados com a Medalha Mauá, entre elas alguns diretores do DNIT.

A comenda foi instituída pelo Decreto nº 55.475, de 7 de janeiro de 1965, e restabelecida pelo Decreto 3.047, de 6 de maio de 1999.

.....

Brasil terá 400 pontos de cobrança de pedágio

O site www.estradas.com.br fez um levantamento das praças de pedágio existentes no País e uma projeção das que deverão ser construídas, tendo em vista as novas concessões de rodovias pelo Governo Federal.

O estudo mostra que existem em operação no Brasil 331 pontos de cobrança de pedágio. Com a concessão de sete novos trechos de rodovias federais, este número sobe para 393. Segundo o site, pesquisa realizada *on line* em seu portal com usuários de rodovias, revelou que, de

um total de 5 mil votos, 92% dos usuários acham o valor do pedágio caro, 6% acham justo e apenas 2% disseram que o pedágio é barato.

Um usuário de automóvel que viajar passando por todos os pontos de cobrança de pedágio no Brasil, gastará numa viagem R\$ 1.737, e caso fosse de caminhão ou de ônibus de quatro eixos, pagará R\$ 6.184,90.

O estudo elaborado pelo site foi lançado no primeiro trimestre de 2007.

Fonte: www.estradas.com.br

.....

Senador Alfredo Nascimento assume o Ministério dos Transportes



O ex-prefeito de Manaus, Alfredo Nascimento, assumiu no dia 29 de março o Ministério dos Transportes. A solenidade de posse aconteceu às 10h, no Palácio do Planalto. Ao meio-dia foi realizada a transmissão de cargo, no Auditório do Departamento Nacional de Infra-estrutura

de Transportes (DNIT), no Setor de Autarquias Norte, em Brasília. Natural de Martins (RN), Nascimento adotou Manaus como residência há quase trinta anos. Alfredo tem 51 anos e é formado em Letras e Matemática. Possui cursos de Administração de Pessoal, Administração de Materiais e Auditoria de Recursos Humanos pela Fundação Getúlio Vargas do Rio de Janeiro.

O novo ministro dos Transportes já foi vice-governador do Estado do Amazonas, secretário de Estado de Administração, secretário de Estado da Fazenda, secretário extraordinário da Prefeitura de Manaus, secretário municipal de Administração, secretário municipal de Economia

e Finanças, presidente da Comissão de Licitação da Prefeitura de Manaus, presidente da Comissão de Licitação do Governo do Estado e coordenador de projetos do Instituto Euvaldo Lodi (IEL).

Nascimento ocupou ainda os cargos de superintendente da Zona Franca de Manaus, de presidente da Empresa de Processamento de Dados do Estado do Amazonas (Prodam), além de presidente do Conselho de Administração do Banco do Estado do Amazonas (BEA).

Fonte: Radiobras

.....



Inauguração do Setor de Pavimentos do Laboratório de Geotecnia da COPPE

No dia 30 de março último foi inaugurada, pela Área de Geotecnia do Programa de Engenharia Civil da COPPE,

as novas instalações do Setor de Pavimentos do Laboratório de Geotecnia "Professor Jacques de Medina". No piso superior do prédio, encontra-se a recém-criada biblioteca Dirceu Velloso. A obra teve o apoio do CENPES/PETROBRAS e da Rede Técnica do Asfalto PETROBRAS/ANP.

.....

strata

ENGENHARIA

PROJETANDO NOVOS CAMINHOS



Percorrendo o Caminho da Qualidade Conquistamos o Melhor Prêmio: A Satisfação do Cliente.



Falling Weight Deflectometer (FWD)



Three Laser Profiler (IRI)



Perfilógrafo Transverso a Laser



GPR System



Highway Inventory Vision System

Cartas dos leitores

A Seção de Cartas destina-se a colher opiniões dos leitores sobre as matérias veiculadas na Revista, bem como críticas, elogios e manifestações de assuntos inerentes ao objeto da publicação. A Coordenação da Revista reserva-se, no entanto, o direito de publicar o conteúdo das cartas no todo ou em parte, bem como fazer uma seleção das mesmas devido às limitações de espaço.

e-mail: redacao@revistapavimentacao.org.br



Como leitor da Revista PAVIMENTAÇÃO quero parabenizar ao Eng^o Jacques de Medina pelo ótimo artigo a respeito das lateritas e sua aplicação na pavimentação, pois trata-se de um tema muito importante para nós engenheiros projetistas. Também externo meus parabéns à Eng^a Laura Motta e à Arq^{ta} Georgina Azevedo pela matéria a respeito das concessões de rodovias, um modelo eficiente que tende cada vez mais a se difundir em nosso país.

Geovane Gomes – Belo Horizonte, MG

Parabenizo à Revista pela qualidade das reportagens da edição de outubro/2006. Porém, gostaria de fazer alguns comentários sobre o texto da reportagem “Rodovias sob Concessão”.

1) Alguns nomes das concessionárias apresentam equívocos.

Ecovia-Ecovia Caminho do Mar S/A, Rodosol-Concessionária Rodovia do Sol S/A. Autoban.

2) Na página 13, o texto correto é “Nos 316km da rodovia do Sistema Anhangüera-Bandeirantes...”, e não Anchieta como está citado.

3) No quadro com informações sobre impostos recolhidos, parece-me que os valores são em milhares de reais.

4) Na página 17, o texto informa que em 1994 começou o processo de concessão federal com a Ponte Rio–Niterói. Na verdade o processo incluiu também as rodovias BR-040 (Rio–Juiz de Fora), BR-116 (Rio de Janeiro–São Paulo) e BR-116 (Rio de Janeiro–Além Paraíba). Após o processo licitatório, o primeiro contrato de concessão foi assinado em 1995 justamente para a Ponte Rio–Niterói.

Desejo sucesso.

José Carlos Sciammarella – Rio de Janeiro, RJ

Parabenizo a Revista PAVIMENTAÇÃO pelo seu primeiro aniversário, e elogio a mesma pela preocupação que vem tendo com o meio ambiente.

Cleizi de Souza – Paisagista, Rio de Janeiro, RJ

Nota da Redação

Os comentários do leitor são pertinentes. A redação agradece a colaboração e se compromete com maior rigor na revisão dos textos



Transporte rodoviário de cargas passa a ter legislação específica para as suas atividades

FOTO: GEORGINA LIBÓRIO AZEVEDO

DA REDAÇÃO – O presidente Luiz Inácio Lula da Silva sancionou, no dia 5 de janeiro de 2007, a Lei nº 11.442, que traz importantes inovações para o exercício da atividade de transporte rodoviário de cargas. A Lei, que entrou em vigor na data de sua publicação no *Diário Oficial da União*, em 8 de janeiro, entretanto, mostra que a aplicação de alguns de seus dispositivos dependerão de regulamentação a ser baixada por decreto do Executivo ou por resolução da ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres).

A Lei traz como novidade a nova forma do RNTR-C, que é o Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas, o qual passa a conter o registro de duas categorias de pessoas físicas ou jurídicas que estarão legalmente autorizadas a exercer a atividade de transporte de cargas: TAC (Transportador Autônomo de Cargas) e a ETC (Empresa de Transporte Rodoviário de Cargas). No que diz respeito às Cooperativas de Transporte de Cargas, estas deverão ser inscritas como ETC, de acordo com

o artigo 2º, § 2º da Lei. Outro ponto importante é a obrigatoriedade da empresa transportadora ter um responsável técnico, figura que irá representá-la perante os órgãos públicos da União, estados e municípios, como responsável pelo cumprimento das normas que regem a atividade de transportes, em suas diversas especialidades como transportes de produtos perigosos e produtos que exigem uso de equipamentos específicos.

A responsabilidade também abrange as normas de segurança e de trânsito como a manutenção do veículo, o uso dos equipamentos necessários e próprios e o respeito aos limites de peso e dimensão do veículo, fato que contribui sobremaneira para a deterioração precoce do pavimento das estradas. E, por último, a responsabilidade no que tange às normas de vigilância sanitária, de saúde e de proteção ao meio ambiente.

O responsável técnico deverá ter formação própria, e a Lei deixa à cargo da ANTT a tarefa de regular as exigências curriculares e os cursos para a sua formação.

Veja abaixo a íntegra da nova Lei:

ATOS DO PODER LEGISLATIVO

Lei nº 11.442, de 5 de janeiro de 2007.

Dispõe sobre o transporte rodoviário de cargas por conta de terceiros e mediante remuneração e revoga a Lei nº 6.813, de 10 de julho de 1980.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA

Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º. Esta Lei dispõe sobre o Transporte Rodoviário de Cargas – TRC realizado em vias públicas, no território nacional, por conta de terceiros e mediante remuneração, os mecanismos de sua operação e a responsabilidade do transportador.

Art. 2º. A atividade econômica de que trata o Art. 1º desta Lei é de natureza comercial, exercida por pessoa física ou jurídica em regime de livre concorrência, e depende de prévia inscrição do interessado em sua exploração no Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas – RNTR-C da Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, nas seguintes categorias:

I – Transportador Autônomo de Cargas – TAC, pessoa física que tenha no transporte rodoviário de cargas a sua atividade profissional;

II – Empresa de Transporte Rodoviário de Cargas – ETC, pessoa jurídica constituída por qualquer forma prevista em lei que tenha no transporte rodoviário de cargas a sua atividade principal.

§ 1º O TAC deverá:

I – comprovar ser proprietário, co-proprietário ou arrendatário de, pelo menos, 1 (um) veículo automotor de carga, registrado em seu nome no órgão de trânsito, como veículo de aluguel;

II – comprovar ter experiência de, pelo menos, 3 (três) anos na atividade, ou ter sido aprovado em curso específico.

§ 2º A ETC deverá:

I – ter sede no Brasil;

II – comprovar ser proprietária ou arrendatária de, pelo menos, 1 (um) veículo automotor de carga, registrado no País;

III – indicar e promover a substituição do responsável técnico, que deverá ter, pelo menos, 3 (três) anos de atividade ou ter sido aprovado em curso específico;

IV – demonstrar capacidade financeira para o exercício da atividade e idoneidade de seus sócios e de seu responsável técnico.

§ 3º Para efeito de cumprimento das exigências contidas no inciso II do § 2º deste artigo, as Cooperativas de Transporte de Cargas deverão comprovar a propriedade ou o arrendamento dos veículos automotores de cargas de seus associados.

§ 4º Deverá constar no veículo automotor de carga, na forma a ser regulamentada pela ANTT, o número de registro no RNTR-C de seu proprietário ou arrendatário.

§ 5º A ANTT disporá sobre as exigências curriculares e a comprovação dos cursos previstos no inciso II do § 1º e no inciso III do § 2º, ambos deste artigo.

Art. 3º. O processo de inscrição e cassação do registro bem como a documentação exigida para o RNTR-C serão regulamentados pela ANTT.

Art. 4º. O contrato a ser celebrado entre a ETC e o TAC ou entre o dono ou embarcador da carga e o TAC definirá a forma de prestação de serviço desse último, como agregado ou independente.

§ 1º Denomina-se TAC-agregado aquele que coloca veículo de sua propriedade ou de sua posse, a ser dirigido por ele próprio ou por preposto seu, a serviço do contratante, com exclusividade, mediante remuneração certa.

§ 2º Denomina-se TAC-independente aquele que presta os serviços de transporte de carga de que trata esta Lei em caráter eventual e sem exclusividade, mediante frete ajustado a cada viagem.

Art. 5º. As relações decorrentes do contrato de transporte de cargas de que trata o art. 4º desta Lei são sempre de natureza comercial, não ensejando, em nenhuma hipótese, a caracterização de vínculo de emprego.

Parágrafo único. Compete à Justiça Comum o julgamento de ações oriundas dos contratos de transporte de cargas.

Art. 6º. O transporte rodoviário de cargas será efetuado sob contrato ou conhecimento de transporte, que deverá conter informações para a completa identificação das partes e dos serviços e de natureza fiscal.

Art. 7º. Com a emissão do contrato ou conhecimento de transporte, a ETC e o TAC assumem perante o contratante a responsabilidade:

I – pela execução dos serviços de transporte de cargas, por conta própria ou de terceiros, do local em que as receber até a sua entrega no destino;

II – pelos prejuízos resultantes de perda, danos ou avarias às cargas sob sua custódia, assim como pelos decorrentes de atraso em sua entrega, quando houver prazo pactuado.

Parágrafo único. No caso de dano ou avaria, será assegurada às partes interessadas o direito de vistoria, de acordo com a legislação aplicável, sem prejuízo da observância das cláusulas do contrato de seguro, quando houver.

Art. 8º. O transportador é responsável pelas ações ou omissões de seus empregados, agentes, prepostos ou terceiros contratados ou subcontratados para a execução dos serviços de transporte, como se essas ações ou omissões fossem próprias.

Parágrafo único. O transportador tem direito a ação regressiva contra os terceiros contratados ou subcontratados, para se ressarcir do valor da indenização que houver pago.

Art. 9º. A responsabilidade do transportador cobre o período compreendido entre o momento do recebimento da carga e o de sua entrega ao destinatário.

Parágrafo único. A responsabilidade do transportador cessa quando do recebimento da carga pelo destinatário, sem protestos ou ressalvas.

Art. 10. O atraso ocorre quando as mercadorias não forem entregues dentro dos prazos constantes do contrato ou do conhecimento de transporte.

Parágrafo único. Se as mercadorias não forem entregues dentro de 30 (trinta) dias corridos após a data estipulada, de conformidade com o disposto no *caput* deste artigo, o consignatário ou qualquer outra pessoa com direito de reclamar as mercadorias poderá considerá-las perdidas.

Art. 11. O transportador informará ao expedidor ou ao destinatário, quando não pactuado no contrato ou conhecimento de transporte, o prazo previsto para a entrega da mercadoria.

§ 1º O transportador obriga-se a comunicar ao expedidor ou ao destinatário, em tempo hábil, a chegada da carga ao destino.

§ 2º A carga ficará à disposição do interessado, após a comunicação de que trata o § 1º deste artigo, pelo prazo de 30 (trinta) dias, se outra condição não for pactuada.

§ 3º Findo o prazo previsto no § 2º deste artigo, não sendo retirada, a carga será considerada abandonada.

§ 4º No caso de bem perecível ou produto perigoso, o prazo de que trata o § 2º deste artigo poderá ser reduzido, conforme a natureza da mercadoria, devendo o transportador informar o fato ao expedidor e ao destinatário.

§ 5º Atendidas as exigências deste artigo, o prazo máximo para carga e descarga do veículo de Transporte Rodoviário de Cargas será de 5 (cinco) horas, contadas da chegada do veículo ao endereço de destino; após este período será devido ao TAC ou à ETC o valor de R\$ 1,00 (um real) por tonelada/hora ou fração.

Art. 12. Os transportadores e seus subcontratados somente serão liberados de sua responsabilidade em razão de:

I – ato ou fato imputável ao expedidor ou ao destinatário da carga;

II – inadequação da embalagem, quando imputável ao expedidor da carga;

III – vício próprio ou oculto da carga;

IV – manuseio, embarque, estiva ou descarga executados diretamente pelo expedidor, destinatário ou consignatário da carga ou, ainda, pelos seus agentes ou prepostos;

V – força maior ou caso fortuito;

VI – contratação de seguro pelo contratante do serviço de transporte, na forma do inciso I do art. 13 desta Lei.

Parágrafo único. Não obstante as excludentes de responsabilidades previstas neste artigo, o transportador e seus subcontratados serão responsáveis pela agravação das perdas ou danos a que derem causa.

Art. 13. Sem prejuízo do seguro de responsabilidade civil contra danos a terceiros previsto em lei, toda operação de transporte contará com o seguro contra perdas ou danos causados à carga, de acordo com o que seja estabelecido no contrato ou conhecimento de transporte, podendo o seguro ser contratado:

I – pelo contratante dos serviços, eximindo o transportador da responsabilidade de fazê-lo;

II – pelo transportador, quando não for firmado pelo contratante.

Parágrafo único. As condições do seguro de transporte rodoviário de cargas obedecerão à legislação em vigor.

Art. 14. A responsabilidade do transportador por prejuízos resultantes de perdas ou danos causados às mercadorias é limitada ao valor declarado pelo expedidor e consignado no contrato ou conhecimento de transporte, acrescido dos valores do frete e do seguro correspondentes.

Parágrafo único. Na hipótese de o expedidor não declarar o valor das mercadorias, a responsabilidade do transportador será limitada ao valor de 2 (dois) Direitos Especiais de Saque – DES por quilograma de peso bruto transportado.

Art. 15. Quando não definida no contrato ou conhecimento de transporte, a responsabilidade por prejuízos resultantes de atraso na entrega é limitada ao valor do frete.

Art. 16. Os operadores de terminais, armazéns e quaisquer outros que realizem operações de transbordo são responsáveis, perante o transportador que emitiu o conhecimento de transporte, pelas perdas e danos causados às mercadorias no momento da realização das referidas operações, inclusive de depósito.

Art. 17. O expedidor, sem prejuízo de outras sanções previstas em lei, indenizará o transportador pelas perdas, danos ou avarias:

I – resultantes de inveracidade na declaração de carga ou de inadequação dos elementos que lhe compete fornecer para a emissão do conhecimento de transporte, sem que tal dever de indenizar exima ou atenua a responsabilidade do transportador, nos termos previstos nesta Lei; e

II – quando configurado o disposto nos incisos I, II e IV do *caput* do art. 12 desta Lei.

Art. 18. Prescreve em 1 (um) ano a pretensão à reparação pelos danos relativos aos contratos de transporte, iniciando-se a contagem do prazo a partir do conhecimento do dano pela parte interessada.

Art. 19. É facultado aos contratantes dirimir seus conflitos recorrendo à arbitragem.

Art. 20. (VETADO)

Art. 21. As infrações do disposto nesta Lei serão punidas com multas administrativas de R\$ 550,00 (quinhentos e cinquenta reais) a R\$ 10.500,00 (dez mil e quinhentos reais), a serem aplicadas pela ANTT, sem prejuízo do cancelamento da inscrição no RNTR-C, quando for o caso.

Art. 22. Na aplicação do disposto nesta Lei, ficam ressalvadas as disposições previstas em acordos ou convênios internacionais firmados pela República Federativa do Brasil.

Art. 23. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação, assegurando-se aos que já exercem a atividade de transporte rodoviário de cargas inscrição no RNTR-C e a continuação de suas atividades, observadas as disposições desta Lei.

Art. 24. Revoga-se a Lei nº 6.813, de 10 de julho de 1980. Brasília, 5 de janeiro de 2007.

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA

www.ciber.com.br

TECNOLOGIA LÍDER EM SOLUÇÕES INTEGRADAS DE PAVIMENTAÇÃO.

Usinas de Asfalto
Usinas de Solos/CCR
Vibro-Acabadoras
Rolos Compactadores

Fresadoras
Recicladoras/Estabilizadoras
Pavimentadoras de Concreto
Mineradoras de Superfície



ALTAS TARIFAS DE PEDÁGIOS? ALTOS LUCROS?

Duas perguntas sem respostas consensuais. As divergências entre Governo, Concessionárias e Críticos do Modelo de Concessão Brasileiro

Reportagem:

Jean Pierre M. Santiago

Colaboraram:

Georgina Libório Azevedo

Laura Maria Goretti da Motta



RODOVIAS SOB CONCESSÃO

A polêmica sobre tarifas e lucros

As críticas

O fato é emblemático. No dia 11 de janeiro último, o Subprocurador-Geral da República, Aurélio Veiga Rios, comparou o faturamento das empresas concessionárias de rodovias com o dos narcotraficantes. Em seguida, se retratou justificando que quisera apenas chamar a atenção para os “lucros exorbitantes” do setor, mas ainda assim sua fala gerou pesadas críticas pelo tom.

A declaração de Rios foi feita durante reunião do grupo de trabalho de infra-estrutura do Conselho de Desenvolvimento Econômico e Social (CDES), em Brasília. Nas palavras do subprocurador: “Ao que parece, estudo feito pelo TCU – Tribunal de Contas da União – mostra que a margem de lucro das concessionárias só tem comparação com o tráfico internacional de drogas. Dá lucro ser concessionário por 20 anos de um trecho de uma estrada já feita, já pavimentada, que não requer investimento inicial”.

O Secretário-Geral de controle externo do TCU, Jorge Pereira de Macedo, afirmou que o tribunal nunca estabeleceu tal relação em suas análises: “Existem no TCU vários estudos sobre rentabilidade (das concessionárias),

mas nenhum faz esse tipo de comparação. Desde 1999 essa questão é analisada”.

O subprocurador defendeu “mais transparência” no processo de concessão de rodovias. “Temos um problema que precisa ser enfrentado com coragem, que é como redefinir ou rediscutir os contratos de concessão”. Segundo ele, as tarifas de pedágio “oneram o país e são excessivas”.



Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná (DER-PR), Rogério Wallbach Tizzot (foto), desfiou também duras críticas ao modelo brasileiro de concessão de rodovias. Críticas estas reiteradas à nossa Revista. Segundo Tizzot, “o

pedágio no Brasil é uma aberração, uma anomalia do conceito de concessão e um desvio desnecessário das atribuições públicas.” Ele aponta também o que chamou de “inconvenientes das concessões brasileiras”, como, por exemplo, o fato de o sistema apresentar um alto custo de arrecadação, ou seja, a

implantação e manutenção das estruturas das praças de pedágio consomem mais de 15% da receita gerada. O lucro das concessionárias e as despesas com imposto de renda e administração consomem mais de 55% dessa receita, restando ape-

nas 30% para investimentos em conservação, operação e obras, como benefício direto ao usuário. E questiona: “Ora, como pode ser socialmente viável um sistema que para existir consome 70% do que arrecada?”

A Associação Brasileira de Concessionárias Rodoviárias (ABCR) rechaçou tais críticas e apresentou seus dados.



Rodovia Ecovia – PR

De acordo com a entidade, em 2005 as 36 concessionárias de rodovias arrecadaram R\$ 5,3 bilhões e desembolsaram R\$ 5,5 bilhões. Esses gastos incluíram R\$ 1,315 bilhão em investimentos, R\$ 1,622 bilhão em despesas operacionais, R\$ 1,512 bilhão de desembolsos financei-

ros, R\$ 335 milhões em pagamentos ao Poder Concedente e R\$ 723 milhões em impostos federais e municipais. Ainda segundo a ABCR, o setor de concessão de rodovias opera com déficit de caixa, mas “o resultado do fluxo de caixa está dentro do previsto”, uma vez que o volume de investimentos é maior na fase inicial: “Geralmente, os resultados positivos se consolidam após dez anos de vigência dos contratos”. Neste caso, é preciso ressaltar que existem concessionárias operando há menos de dez anos e que, portanto, de acordo com o que informa a premissa da ABCR ainda não auferem lucros.

Os dados da CCR

Um exemplo de lucro é o da Companhia de Concessões Rodoviárias (CCR), que controla a NovaDutra, Ponte S.A., ViaLagos, RodoNorte, AutoBan e ViaOeste. Em 2006, a Companhia encerrou o terceiro trimestre com lucro líquido de R\$ 121 milhões. Resultado que, embora inferior ao apurado no mesmo período no ano de 2005, que foi de R\$ 182 milhões, não prejudicou o acumulado. O lucro acumulado em nove meses foi de R\$ 314 milhões, valor 9,6% menor que o apurado de janeiro a setembro de 2005.

Os dados da CCR divulgados no site InvestNews mostram que a receita líquida do período somou R\$ 550 milhões, crescimento de 5,9% sobre os R\$ 519 milhões registrados no terceiro trimestre de 2005. A geração de caixa ou LAJIDA (lucro antes de juros, impostos, depreciações e amortizações) totalizou R\$ 322,4 milhões, alta de 3,9%, com margem em 58,6%, queda de 1,1 ponto percentual.

No acumulado do ano, a receita consolidada de pedágios alcançou R\$ 1,641 bilhão (+12,8%). As receitas acessórias consolidadas atingiram R\$ 39,3 milhões (+0,9%).

A receita de pedágios cresceu em todas as seis concessões do Grupo CCR, encerrando o trimestre em R\$ 572 milhões, crescimento de 6,3% sobre o terceiro trimestre de 2005. No trimestre, os meios eletrônicos representaram 47,7% da arrecadação de pedágio e cresceram 17,5% em relação ao ano de 2005.

Já a receita da STP, empresa que faz a gestão de meios eletrônicos de pagamentos, foi de R\$ 8,7 milhões (+57,7%) no terceiro trimestre, devido ao aumento significativo da utilização do sistema ‘Sem Parar’, que passou de 504 mil usuários no terceiro trimestre de 2005 para



FOTO: GEORGINA LIBÓRIO AZEVEDO

632 mil usuários no terceiro trimestre deste ano. No acumulado do ano, as receitas da STP totalizaram R\$ 24,2 milhões (+62,5%).

O tráfego consolidado registrou um crescimento de 2,4% no trimestre quando comparado ao mesmo período de 2005. Com exceção das concessionárias Ponte S.A. e ViaLagos, todas as demais concessionárias da CCR apresentaram crescimento. Os desempenhos trimestrais foram de 3,2%, 1,8%, 4,4% e 1,5%, respectivamente na AutoBAn, NovaDutra, ViaOeste e RodoNorte.

Estudos

Segundo um estudo do Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (Ipea) e da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), elaborado pelos economistas Carlos Álvares da Silva Campos e Ricardo Pereira Soares, chama a atenção o crescimento desmesurado do número de praças de pedágio, especialmente nas regiões Sul e Sudeste, onde só o Governo Federal construiu 39 postos de cobrança.

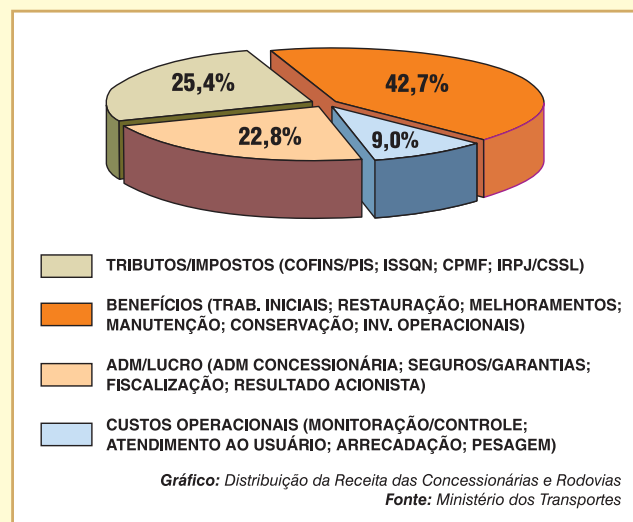
As concessões estaduais levaram à criação de 282 postos, 152 em São Paulo, 57 no Rio Grande do Sul, 52 no Paraná e 12 no Rio de Janeiro. Nas cinco concessões do Governo Federal, o aumento real nas tarifas, acima da inflação, foi de 40% (exceto a Via Dutra, onde foi de 33%) nos últimos dez anos. O estudo do IPEA que constatou esses valores conclui que, nos esforços para recuperar ou ampliar a malha de estradas do País, há uma predominância do interesse das concessionárias e não o desejável equilíbrio entre as necessidades delas e as dos usuários. A preocupação que parece básica com relação às concessões é exatamente o equilíbrio econômico-financeiro do

contrato com os investidores e a manutenção em níveis razoáveis das tarifas cobradas pelo uso da infra-estrutura oferecida pelo capital público e privado.

A ABCR lembra que os recursos emprestados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) às concessionárias não são recursos públicos. O BNDES atua segundo as normas de mercado, e o empréstimo dos recursos seguiu exigências e critérios estabelecidos pela própria instituição financeira – incluindo o pagamento de juros.

Segundo a ABCR, as concessionárias também obtiveram empréstimos em outras instituições, algumas internacionais, e receberam aportes de recursos dos acionistas, como forma de atender às exigências de contrapartida dos financiadores.

O Governo Federal, ao apresentar seus números do setor, mostra cerca de 10% da tarifa cobrada do usuário é destinada a custos operacionais como os custos de arrecadação e atendimento ao usuário. Além destes custos ope-



racionais, os dados do Ministério dos Transportes mostram que 42,7% dos recursos da tarifa se transformarão em benefícios para o usuário com os trabalhos iniciais, restauração, melhoramentos, manutenção e conservação. Outros 25,4% são tributos e 22,8% são custos de administração, gasto com seguros e com fiscalização e resultado dos acionistas, conforme é mostrado no gráfico. Diante dos dados apresentados na reportagem, percebe-se que os números são muitos e são também contraditórios por ve-

zes. O que deixa em dúvida quem está com a razão. Afinal os lucros são exorbitantes como dizem os críticos das concessões ou os dados do Governo e das companhias, como a CCR, são razoáveis?

O consenso

A discussão em torno do lucro obtido pelas concessionárias rodoviárias e do alto custo das tarifas de pedágio gera, sem dúvida, grande mal-estar. Tanto que na reunião do Grupo de Infra-Estrutura do Conselho de Desenvolvimento Econômico e Social (CDES), os empresários do setor de infra-estrutura e representantes do Tribunal de Contas da União (TCU) e do Ministério Público concordaram com a necessidade de redução das tarifas de pedágio praticadas pelas concessionárias. Esse motivo teria levado o Governo Federal no final de 2006 a pensar em rever o modelo de licitação. No entanto, a Ministra da Casa Civil, Dilma Rousseff, teria afirmado que o Governo não tem planos para punir concessionárias cancelando licitações e muito menos colocar a exploração do pedágio sob controle estatal.

Esse modelo de exploração pelo Governo já existiu e, segundo o Secretário de Política Nacional de Transportes/MT, José Augusto Valente, apresenta problemas praticamente intransponíveis. Dentre eles, falando à imprensa, o secretário enumera: 1) a receita do pedágio, legalmente do ponto de vista fiscal, não tem como ter o seu retorno garantido para investimentos naquela rodovia onde houve a arrecadação, isto é, receita arrecadada por órgão público vai necessariamente para o caixa único. Logo, o usuário muito provavelmente não verá o seu dinheiro retornar diretamente na manutenção de um elevado padrão de serviço, pois o recurso poderá ser dire-



FOTOS: GEORGINA LIBERIO AZEVEDO

cionado para outras prioridades do Governo. Ao contrário, o mais provável é que o usuário se irrite porque está pagando e as melhorias não estão ocorrendo; 2) ainda que houvesse a possibilidade de garantir o retorno do dinheiro arrecadado na mesma rodovia, haveria um outro problema. Os investimentos anuais pesados – como duplicação de trechos – muitas vezes são bem maiores do que os valores de arrecadação anual. O Governo não pode fazer poupança ou ir ao banco solicitar financiamento da mesma forma que uma empresa privada. Assim, é difícil garantir um fluxo financeiro de investimentos em sincronia com o fluxo da receita; 3) em situações de pendências judiciais, a Justiça poderia promover embargo da receita para garantir pagamento de causas, inviabilizando o cronograma de investimentos necessários.

Mas, a construção da Ponte Rio–Niterói, sendo a primeira experiência de pedágio no Brasil, é um exemplo que não endossa os argumentos do secretário de Política Nacional de Transportes.

Falando à Revista PAVIMENTAÇÃO, o Superintendente Substituto da 7ª UNIT do Estado do Rio de Janeiro,

Rodovia mantida pelo DNIT – BR-101 – ES



Eng^o Samuel Schuster, conta que, para pagar a parte financiada da Ponte, foi estabelecida a cobrança de pedágio em apenas um sentido. E com a projeção do tráfego que iria transitar, estabeleceu-se o valor da tarifa de pedágio, o qual em determinada quantidade de anos pagaria a ponte. O volume de tráfego, no entanto, foi bem acima do projetado, o que fez com que houvesse antecipação da receita, permitindo que se saudasse o financiamento da ponte antes do previsto. O engenheiro lembra que esta foi uma experiência em que o Governo Federal foi muito bem-sucedido, pois implantou uma praça de pedágio moderna, com um sistema de arrecadação e de contagem eficiente, a cargo do extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER).

Com os compromissos financeiros da construção saldados antecipadamente aliada à eficiência administrativa, o Governo continuou com a cobrança do pedágio na Ponte. O que lhe permitiu, segundo Schuster, construir a Rodovia Niterói–Manilha (trecho que liga a BR-101 à Ponte Rio–Niterói). Esta rodovia, no entanto, já havia começado a ser construída, mas, à época, encontravam-se paralisados os trabalhos por falta de recursos.

No projeto do Governo, em determinado momento não se cobraria mais pedágio na ponte, mesmo terceirizando os serviços de manutenção e operação. No entanto, dada a redução de recursos na década de 90, a idéia de cobrança de pedágio via concessão ganhou escopo e tornou-se real.

Em sua edição anterior, a Revista PAVIMENTAÇÃO apresentou este novo retrato das rodovias brasileiras que estão sob concessão. De fato, observada a constante manutenção e con-



servação das estradas, o uso de tecnologias de ponta na pavimentação, recursos de socorro aos usuários e projetos de conservação e educação ambiental.

No entanto, é necessário que os lucros não choquem a sociedade, e muito menos que os usuários sejam reféns de altas tarifas que não justificam os serviços.

Uma outra questão que parece passar despercebida é a receita de anúncios por parte de empresas de diversas naturezas ao longo das rodovias. Geralmente divulgada como “receitas acessórias e outras”, qual será o fim social

desta receita? Tem como finalidade apenas gerar lucro às concessionárias ou será que poderiam ser revertidas na redução do valor do pedágio cobrado?

Todas as divergências aqui mencionadas podem e devem ser discutidas no âmbito dos contratos de concessão, os quais devem ter a prerrogativa de um equilíbrio econômico-financeiro que não deixe à margem o interesse dos usuários das rodovias pedagiadas. Obviamente, as concessionárias visam o lucro, mas, por

outro lado, não se pode olvidar o princípio geral do direito contratual de que os contratos possuem um fim social. Portanto, é preciso observar a necessidade de um tratamento mais equânime em relação ao interesse dos consumidores.

É preciso também que haja estudos e desdobramento práticos na busca de tarifas “justas”. O Governo possui instituições de alta competência para este encargo, bem como o setor privado dispõe de recursos que o auxiliem no mesmo objetivo. Se o Estado pretende ser regulador (Agências), deve agir sem demora nas questões que lhe competem para que o equilíbrio econômico-financeiro se estabeleça. É isso o que a sociedade espera.

*Contando com um excelente corpo técnico, o DNER foi de vital importância para a construção e conservação das rodovias federais que alcançavam níveis de regular a ótimo. Para tanto, o órgão contava com o imposto único sobre lubrificantes e combustíveis, com a Taxa Rodoviária Única (TRU) e com o Fundo Rodoviário Nacional (FRN).
Devido a extinção do FRN em 1983, e a estadualização da TRU (hoje IPVA) e do imposto único sobre lubrificantes e combustíveis (hoje ICMS), o órgão passou a contar exclusivamente com as dotações do Orçamento Geral da União.
A partir de então a conservação e a operação das rodovias federais deixaram de ser técnico-estratégicas para serem tratadas político-financeira.*

Minuta das Normas Básicas para submissão de artigos e contribuições técnicas

1. A Revista PAVIMENTAÇÃO é uma publicação técnica e científica de divulgação da ABPv. As contribuições para a revista devem ser de caráter exclusivamente técnico e estão abertas aos sócios e aos profissionais da Engenharia Rodoviária, Ferroviária e Aeroportuária nacional e internacional.
2. A Revista pode também apresentar eventualmente matérias especiais redigidas pelo seu corpo técnico editorial e pela diretoria da ABPv como forma de divulgação de opiniões ou comentários considerados relevantes como “voz” da ABPv.
3. Os artigos e contribuições como nota técnica, inéditos, podem ser enviados em qualquer época do ano para serem publicados em uma das quatro edições anuais ou até no ano seguinte dependendo do número de matérias selecionadas.
4. Os trabalhos, sejam científicos, sejam técnicos ou de outra natureza encaminhados para eventual publicação, serão submetidos a avaliação de três profissionais que compõem o Comitê Técnico-Científico da Revista, escolhidos de acordo com o perfil do material a ser julgado. Aos avaliadores não será dado a conhecer os autores do artigo ou trabalho antes da avaliação e também é vedada a divulgação para os autores da identidade dos avaliadores.
5. Os avaliadores recebem da ABPv um questionário indicativo dos itens a serem avaliados em cada contribuição para Revista PAVIMENTAÇÃO, podendo sugerir três opções de encaminhamento:
 - (I) O trabalho é aceito para publicação;
 - (II) O trabalho não é aceito para publicação e será então devolvido aos autores;
 - (III) O trabalho poderá vir a ser aceito caso os autores concordem em fazer algumas modificações sugeridas por um ou mais avaliadores.
6. Cabe à Diretoria da ABPv julgar os casos omissos e autorizar a publicação de contribuições de caráter não técnico, eventualmente, em função dos assuntos abordados e da disponibilidade de espaço.
7. O resultado da avaliação de qualquer material encaminhado à Revista PAVIMENTAÇÃO será levado ao conhecimento dos autores dos mesmos informando o destino que será dado à sua contribuição, que pode ser: publicação imediata no próximo número a ser lançado, publicação em número subsequente devido ao excesso de contribuições ou não publicação.
8. O autor ou autores das contribuições aceitas para publicação devem concordar com a reprodução de seu material sem nenhum direito a qualquer custo de direitos autorais, já que a ABPv é uma entidade sem fins lucrativos e a Revista PAVIMENTAÇÃO destina-se preferencialmente aos sócios e não será utilizada para venda com fins lucrativos.
9. As contribuições para a Revista PAVIMENTAÇÃO devem ser encaminhadas de preferência por meio digital, podendo estar em formato PDF somente na fase de julgamento pelo Comitê. Os originais deverão ser produzidos em programa Microsoft Word. As figuras deverão ser fornecidas em separado, com resolução mínima de 300dpi. Caso a foto seja digital, a resolução deverá ser de no mínimo de 3.2 mega pixels. Não sendo as fotos do(s) autor(es), este(s) será(ão) responsável(eis) por declarar os créditos das mesmas e obter a autorização para publicação. Nos gráficos, evitar utilizar cores e dar preferência a símbolos que possam distinguir claramente as informações relevantes da figura.
10. As contribuições podem ser de no mínimo duas e de no máximo 15 páginas em formato A4, editoradas em fonte Times New Roman, tamanho 12, espaço simples. Número maior de páginas poderá ser aceito em casos excepcionais a critério da Editoria da Revista.
11. Os textos deverão ser escritos em português, em linguagem adequada e correta, sendo de responsabilidade do(s) autor(res) a revisão ortográfica. As referências bibliográficas devem seguir o padrão ABNT, tipo por citação de sobrenome e ano (ex. MATHEUS, 1994) e preferencialmente os artigos devem apresentar um resumo de 200 a 300 palavras e indicar de três a cinco palavras-chaves. Artigos em outros idiomas podem eventualmente ser aceitos a critério da Editoria da revista.
12. Estas especificações podem ser eventualmente revistas a critério da Editoria da Revista e da Diretoria da ABPv a qualquer tempo, cabendo aos artigos e contribuições já submetidos se adequarem seguindo as regras existentes à época da submissão do seu material.

Este espaço destina-se à publicação de artigos encaminhados à Revista pelos profissionais que se dispõem a colaborar promovendo com os demais técnicos o debate de diversos temas atuais e relevantes. Os artigos devem ser enviados para redacao@revistapavimentacao.org.br de acordo com as normas vigentes no sítio www.revistapavimentacao.org.br.

Os trabalhos são apresentados na íntegra sendo de responsabilidade do autor a revisão ortográfica.

Avaliações comparativas de métodos de avaliação das condições superficiais de estrada não-pavimentada

Fábio Mutti Ferreira

Engenheiro Civil, M.E.

Cássio Eduardo Lima de Paiva

Professor Doutor

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

RESUMO

Este trabalho analisa métodos de avaliação das condições superficiais na gerência de manutenção e conservação de estradas não-pavimentadas que representam 90% da malha rodoviária brasileira, com mais de 1,5 milhão de km, sendo os municípios responsáveis pela manutenção e conservação por, praticamente, esta totalidade. Os métodos estudados, analisados e aplicados em campo foram: GPM – Gravel Paser Manual, com metodologia subjetiva; URCI – Unsurfaced Road Condition Index; RSMS – Road Surface Management System; ERCI – Earth Road Condition Index e o RCS/DVI – Road Condition Survey/Detailed Visual Inspection, com metodologia objetiva. Análises comparativas teóricas e práticas foram realizadas entre os métodos. As análises teóricas empregaram estudos de casos hipotéticos das condições superficiais de uma estrada não-pavimentada para as classificações: excelente, bom, regular, ruim e falido

em função da relação severidade e densidade para cada defeito avaliado pelos métodos estudados. As análises práticas realizaram-se mediante as classificações apresentadas por cada método nas avaliações de campo, num trecho de estrada não-pavimentada, em dois períodos distintos, sendo o 1º, em condições climáticas favoráveis e o 2º, em condições desfavoráveis. Concluindo que, entre outros, pela análise teórica, os métodos apresentam consistência em suas metodologias, com valores de correlações elevados e, pela análise prática, os métodos não apresentam totalização de parâmetros adequados as condições das estradas não-pavimentadas brasileiras para serem utilizados na gerência de manutenção e conservação sem adaptações específicas.

PALAVRAS-CHAVE

Transportes; infra-estrutura; vias não-pavimentadas; métodos de avaliação da condição superficial.

1. INTRODUÇÃO

As estradas não-pavimentadas vêm sofrendo ao longo das décadas de falta de investimento e de estudos mais abrangentes na área de gerência de conservação e manutenção, apesar de ter mais de 1,5 milhão de km, que representam mais de 90% de toda a malha rodoviária brasileira, sendo os municípios detentores de 90% desta quantia em âmbito nacional (GEIPOT-2002).

Portanto, a responsabilidade pela construção, manutenção, recuperação e reconstrução das estradas não-pavimentadas ficam a cargo dos municípios e estes não possuem, na sua grande maioria, pessoal técnico especializado para execução de tão importante tarefa. Por este motivo, vários procedimentos técnicos vêm sendo usados equivocadamente, pois em muitos casos a única forma de manutenção e conservação trata do patrolamento e quando este não supre mais as necessidades das condições superficiais da estrada optam pela pavimentação, principalmente, aqueles que têm recursos financeiros e vontade política para tal.

Os procedimentos técnicos, que devem e podem ser empregados na estratégia de manutenção de uma estrada não-pavimentada, são em muitos casos definidos por meio de métodos de avaliação das condições superficiais, que, além disso, classificam-nas e são utilizados na gerência de manutenção e conservação. Os métodos de avaliação definem as manutenções requeridas para as classificações da condição superficial em excelente, boa, regular, ruim e falida, respectivamente, da seguinte forma: sem manutenção; manutenção de rotina realizada por meio das técnicas de regularização, reconformação mecanizada e/ou manual, patrolamento e remendos; periódica ou programada por meio de recascalhamento; restauração e reconstrução. Logo, este trabalho analisa de forma teórica e prática métodos de avaliação das condições superficiais de uma estrada não-pavimentada pesquisados e selecionados, analisando as suas metodologias com estudos de casos hipotéticos e os resultados da aplicação de campo que determinaram as classificações por cada um na avaliação de um trecho experimental.

2. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES SUPERFICIAIS DE ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS

No Brasil, não existe metodologia que avalie as condições das estradas não-pavimentadas, mas em outros paí-

ses, principalmente, nos Estados Unidos da América, EUA, muito se vêm fazendo para esta questão, bem como em tudo o que se diz respeito à estrada não-pavimentada, razão pela qual, vários métodos de avaliação e classificação de estrada não-pavimentada são originários deste país, que para este trabalho selecionou-se os seguintes: GPM – *Gravel Paser (Pavement Surface Evaluation and Rating) Manual* (Manual de Avaliação e Classificação da Superfície de Pavimento de Cascalho) (UNIVERSITY NEW HAMPSHIRE-2001); URCI – *Unsurfaced Road Condition Index* (Índice de Condição de Estrada Não-Pavimentada); (EATON 1992) e RSMS – *Road Surface Management System* (Sistema de Gerenciamento de Superfície de Estrada) (OECD – 1990). O ERCI – *Earth Road Condition Index* (Índice da Condição de Estrada de Terra) (ABDELRAHMAN 1991) e o RCS/DVI – *Road Condition Survey – RCS* (Avaliação da Condição da Estrada) e DVI – *Detailed Visual Inspection – DVI* (Inspeção Visual Detalhada) (OECD 1990) são de origem Africana e Européia, respectivamente.

O RCS/DVI tem a sua aplicação fundamentada para países em desenvolvimento, caso do Brasil, apesar de ter sido desenvolvido na Europa e tem o seu procedimento em duas partes: na 1ª o RCS trata de avaliar de forma subjetiva a condição da pista, elementos da lateral da estrada e equipamento de sinalização viária. Caso o valor médio da condição da pista das subseções avaliadas for igual ou maior que 3, sendo esta classificação dada quando: “Confortável dirigibilidade até 50 km/h, ou na seção específica 40-70 km/h”, que é válida também para estradas pavimentadas. Como a condição da pista de valor 3 é a média mínima para estradas não-pavimentadas, pois para a classificação 2 a dirigibilidade é confortável acima de 70-80 km/h, será realizada a 2ª parte: o DVI que avalia os defeitos presentes na superfície da estrada de forma objetiva, isto é, pelas medidas do nível de severidade e densidade.

Os demais métodos possuem aplicação direta e os conceitos básicos que diferenciam de um para o outro e os defeitos a serem avaliados estão apresentados de forma concisa nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Para os métodos RCS/DVI, RSMS e ERCI, os cálculos são diretamente realizados nas suas respectivas planilhas com os valores deduções predefinidos. Porém, o URCI tem os valores-dedução de seus defeitos calculados diferentemente dos demais, pois com o nível de severidade mais a densidade do defeito na seção (subseção) avaliada, sendo

a densidade como a extensão do defeito, que varia para cada um, podendo ser em metro linear ou em metro quadrado, dividido pela área da subseção, dá entrada em nomogramas de cada defeito retirando o seu respectivo valor dedução, exceto para o defeito poeira que tem o seu valor dedução definido em 2, 4 e 15 para a severidade em nível baixo, médio e alto, respectivamente, não realizando a medição da densidade. Da mesma forma, o DVI

para o defeito atoleiro e o RSMS para os defeitos seção transversal inadequada, drenagem lateral inadequada e controle de poeira têm os seus valores dedução definidos apenas para o nível de severidade.

O URCI também emprega uma planilha para levantamento de campo, cálculo e classificação da subseção.

Após realizar a avaliação dos defeitos em função da severidade e extensão e atribuir os seus valores-dedução

Tabela 1 – Conceitos básicos dos métodos selecionados

Itens	Métodos				
	GPM	RCS/DVI	ERCI	URCI	RSMS
Origem	EUA	Europa	Egito	EUA	EUA
Metodologia	Subjetiva	Objetiva			
Defeitos Avaliados	Ver Tabela 1				
Níveis de Severidade	Para algumas classificações	Baixo, Médio, Alto	Suave e Grave	Baixo, Médio, Alto	Baixo, Médio, Alto
Forma de Medição da Densidade	Para algumas classificações	Em %: <10, 10-50, >50	Ocasional, freqüente, extenso	Densidade (área)/ Nomogramas	Em %: <10, 10-30 e > 30
Escala	1 a 5	1 a 5	0 a 100	0 a 100	0 a 100
Classificação	Falido a Excelente	Excelente a Falido	Falido a Muito Bom	Falido a Excelente	Péssimo a Excelente
Seções	Todo trecho	Pelo menos 5 subseções	Mínimo 1 milha (1.6 km)	Para cada milha (1.6 km) pelo menos duas subseções	Todo trecho
Subseções	Não consta	0.5 a 5.0 km	10 % da seção	135 a 300 m ²	Mínimo 60 m
Experimento: nº de subseções/extensão	5/1 km (média)	5/500m	5/100m	5/300 m ²	5/1 km (média)

Tabela 2 – Defeitos avaliados de cada método selecionado

Métodos	Defeitos Avaliados															
	STI	BUR	ATR	OND	DLI	SEA	POE	ESC	ATO	SUS	FEA	FMC	ALS	EII	PSE	OSE
GPM	X	X	X	X	X	X	X	X								
RCS/DVI	X	X	X	X		X	X	X	X							
ERCI	X	X	X							X	X	X	X	X	X	X
URCI	X	X	X	X	X	X	X									
RSMS	X	X	X	X	X	X	X									

Sendo na Tabela 2: STI – seção transversal inadequada; BUR – buracos; ATR – afundamento de trilha de roda; OND – ondulações; DLI – drenagem lateral inadequada; SEA- segregação de agregados; POE – poeira; ESC – espessura de cascalho; SUS – superfície saturada; FEA – Falha e erosão de aterro na estrada; FMC – Falha no muro de contenção; ALS – altura da superfície; EII – estrutura ilegal de irrigação; PSE – plantas na superfície da estrada e OSE – ocupação da superfície da estrada

que são somados obtendo o total valor-dedução – TVD e a partir deste os métodos classificam o trecho avaliado (estrada, subseção, unidade amostral) da seguinte forma:

– GPM: com o TVD calcula a média em relação à quantidade de defeitos avaliados obtendo uma nota que pode variar na escala de 0 a 5, sendo 0 o pior estado (falido) e 5 o melhor estado (excelente). A classificação geral (trecho experimental) é a média aritmética simples dos valores encontrados nas subseções;

– DVI: idem ao GPM, mas a escala é inversa da convencional: 0, o melhor estado e 5, o pior estado;

– ERCI: subtrai 100 do TVD e através de sua escala classifica a subseção. A classificação geral é a média aritmética simples dos valores dos ERCI das subseções;

– RSMS: trata de um sistema de computador que estabelece a gerência do pavimento de estradas pavimentadas e não-pavimentadas em relação às alternativas de manutenção pela avaliação da condição do pavimento denominado como Pci – *Pavement Condition Indicator* (Indicador da Condição de Pavimento), mas não apresenta uma escala de classificação nas suas referências. Porém, para poder compará-lo aos demais foram estabelecidos contatos via e-mail com Sr. Dave Fluharty (FLUHARTY-2004), responsável técnico pelo sistema, o mesmo estabeleceu uma relação entre a classificação da estrada e os valores do Pci, que

é calculado pela diferença entre o valor 100 do total valor-dedução. A classificação geral é a média aritmética simples dos valores dos Pci das subseções; e

– URCI: com o total valor-dedução e com a quantidade de valor-dedução maior igual a 5 entra-se em nomograma obtendo o valor do URCI na sua escala de classificação. A classificação geral é a média aritmética simples dos URCI das subseções.

A escala de classificação de cada método e a que será adotada para a homogeneização dos valores avaliados para comparação dos resultados de campo constam na Tabela 3.

3. ANÁLISE TEÓRICA DA METODOLOGIA EMPREGADA PELOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ESTUDADOS

3.1. Métodos de Avaliação

Os métodos de avaliação estudados apresentam em suas metodologias procedimentos diferenciados para medição da severidade e densidade dos defeitos, que para o defeito buraco os níveis de severidade estão representados na Tabela 4, que são medidos em três níveis: baixo, médio e alto, na maioria dos métodos e para cada relação do nível da severidade e densidade é atribuído um valor-

Tabela 3 – Escala e classificação adotada para homogeneização e dos métodos selecionados

Escala	Classificação						
	Falido	Ruim	Regular	Bom	Excelente		
ADOTADA	0 – 1.0	1.1 – 2.0	2.1 – 3.0	3.1 – 4.0	4.1 – 5.0		
GPM	0 – 1.0	1.1 – 2.0	2.1 – 3.0	3.1 – 4.0	4.1 – 5.0		
RCS/DVI	5.0 – 4.1	4.0 – 3.1	3.0 – 2.1	2.0 – 1.1	1.0 – 0.0		
ERCI	0.0 – 40.0	40.1 – 65.0	65.1 – 80.0	80.1 – 90.0	90.1 – 100		
RSMS	0 – 24.9	25.0 – 39.9	40.0 – 72.9	73.0 – 95.9	96.0 – 100		
URCI	0.0 – 10.0	Muito Ruim	Ruim	40.1 – 55.0	Bom	Muito Bom	85.1 – 100
		10.1 – 25.0	25.1 – 40.0		55.1 – 70.0	70.1 – 85.0	

Tabela 4 – Medidas de níveis de severidade do defeito buraco

Método	Profundidade (cm)/Nível			Diâmetro (cm)			
	Baixo	Médio	Alto				
DVI	< 2,0	2,0 – 4,0	> 4,0	Não consta			
URCI	1,25 – 5,0	5,0 – 10,0	> 10,0	< 30	30 – 60	60 – 90	> 90
RSMS	< 2,5	2,5 – 7,5	> 7,5	< 30	30 – 60	> 60	
ERCI	Leve		Severa		Não consta		
	< 10,0		> 10,0				

dedução predefinido, que, para efeito de exemplo, segue os valores-dedução de cada método atribuídos ao defeito buraco para as relações dos níveis de severidade e densidade (S/D) na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores-dedução atribuídos pelos métodos de avaliação para o defeito buraco

Métodos	Relação dos níveis de severidade/densidade								
	B/B	B/M	B/A	M/B	M/M	M/A	A/B	A/M	A/A
RCS/DVI	1	2	3	3	4	5	5	5	5
RSMS	2	5	8	5	8	11	8	11	15
URCI	15	25	42	23	39	67	44	62	85
ERCI*	2.2	4.4	5.5	3.3	6.6	8.3	4.4	8.8	11

Sendo: B – baixo; M – médio e A – alto. *O ERCI não apresenta o nível de severidade médio, logo os valores para as relações M/B, M/M e M/A foram realizadas pelo valor médio entre os níveis de severidade: baixo (leve) e alto (severo).

3.2. Estudos de casos

Os estudos de casos serão realizados considerando duas situações: a 1ª, pela relação dos níveis de severidade/densidade, que estão representados na Tabela 5, com os valores-dedução atribuídos por cada método aos defeitos avaliados que determinarão a classificação de acordo com as escalas respectivas e a 2ª, em função dos estados de condição que uma estrada ou seção pode apresentar, definidos em: excelente, bom, regular, ruim e falido, atribuindo as situações dos níveis de severidade e densidade pelo

estudo de um caso hipotético, para cada defeito avaliado pelo respectivo método, conforme Tabela 6.

3.3. Análise de sensibilidade: Situação X Classificação

Com os cálculos realizados para cada relação do nível de severidade/densidade, num total de nove, obteve-se o gráfico da relação entre a situação e classificação dos níveis de severidade e densidade dos defeitos avaliados pelos métodos de avaliação selecionados, conforme demonstra a Figura 1, que pode ser observado o seguinte:

– partindo do pressuposto de que os níveis de severidade e densidade estão em ordem decrescente do estado

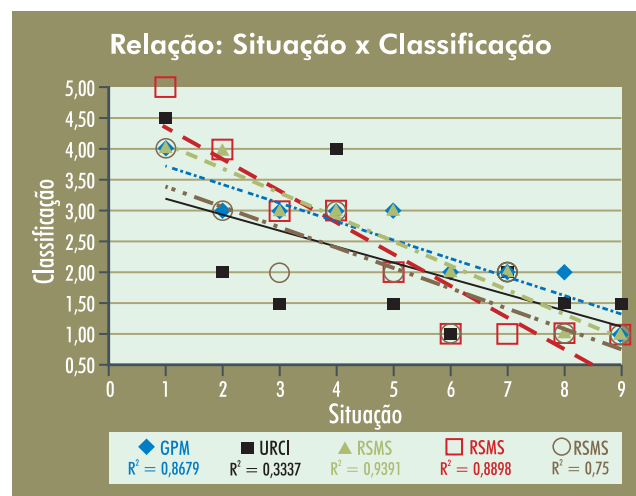


Figura 1 – Gráfico da relação entre a situação e classificação dos níveis de severidade e densidade dos defeitos avaliados pelos métodos de avaliação selecionados

Tabela 6 – Definição de estado de condição de estrada (seção) de um estudo de caso hipotético, em função dos níveis de severidade (S) e densidade (D) dos defeitos avaliados por cada método

Estado	Nível	Defeitos – níveis de severidade/densidade														
		STI	DLI	OND	ESC	ATR	BUR	SEA	POE	SUE	ATO	FMC	ALS	SUS	PSE	OSE
Excelente	S	B	B	B	B	B	SEM	B	SEM	B	X	B	B	SEM	B	SEM
	D	B	B	B	B	B	SEM	B	X	B	SEM	B	B	SEM	B	SEM
Bom	S	B	M	M	M	M	SEM	B	SEM	M	X	M	M	SEM	M	SEM
	D	B	B	B	B	B	SEM	B	X	B	SEM	B	B	SEM	B	SEM
Regular	S	M	M	M	M	M	B	B	B	M	X	M	M	B	M	B
	D	B	M	M	M	M	B	B	X	M	B	M	M	B	M	B
Ruim	S	M	A	A	A	A	M	M	M	A	M	A	A	M	A	M
	D	M	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	M
Falido	S	A	A	A	A	A	A	A	A	A	X	A	A	A	A	A
	D	A	A	A	A	A	A	A	A	X	A	A	A	A	A	A

das condições da estrada (seção) avaliada, sendo para a relação B/B a condição pode ser EXCELENTE e para A/A, FALIDO, o método DVI obteve a melhor distribuição, classificando na ordem EXCELENTE, sendo o único a apresentar esta condição, passando por BOM, REGULAR, RUIM e finalizando em FALIDO, apresentado em quatro situações da 6 a 9 (M/A, A/B, A/M e A/A);

- o GPM e o RSMS também têm uma distribuição dentro dos parâmetros, mas não apresentam a condição EXCELENTE para a situação B/B;

- no ERCl, a seqüência é interrompida na situação 3 (B/A) que apresenta a classificação RUIM, pois os VDe dos defeitos desta situação são maiores de que a situação M/O, sendo que esta foi calculada pela média entre os níveis propostos pelo método;

- a maior variação entre as situações está presente no URCl, que se inicia em MUITO BOM para a situação 1 (B/B), mas passa para a condição RUIM na 2, para MUITO RUIM na 3 e BOM na situação 4 (M/B). Não apresenta a REGULAR e na maioria das situações a classificação mais presente é a MUITO RUIM (3, 5, 8 e 9). Particularidade que pode ser explicada pelo método privilegiar a densidade em detrimento da severidade e os VDu estarem com os valores maximizados e – a coerência e dispersão da relação das situações (eixo das abscissas) pelas classificações (eixo das ordenadas), conforme Figura 1, atribuindo às respectivas variáveis, que se adotou, os valores, no caso das classificações: 1- falido, 1.5 – muito ruim, 2- ruim, 3- regular, 4- bom, 4.5- muito bom e 5- excelente e pelas correlações entre elas na medida de regressão de tendência linear que, para os R^2 , apresentaram valores bem significativos nos métodos DVI, GPM e RSMS, este último o mais elevado. Por outro lado, o ERCl ficou um pouco abaixo e o URCl ficou bem abaixo dos demais (0,33), confirmando a irregularidade nas seqüências das classificações.

3.4. Análise de sensibilidade: Estado de condição X Classificação

Com as premissas sugeridas que constam na Tabela 6 e após realizar os cálculos pelas as metodologias respectivas de cada método, elaborou-se o gráfico da Figura 2, em que se observa o seguinte:

- para os estados de condição EXCELENTE, em especial o BOM e FALIDO, praticamente os métodos apresentaram as respectivas classificações iguais, mas, para o

estado REGULAR, há algumas divergências, no caso, o URCl e o ERCl apresentaram a classificação ruim e no estado RUIM apenas o RSMS apresentou esta classificação;

- destaque para o RSMS que se apresentou com todas as classificações idênticas aos estados de condição propostos;

- a coerência e dispersão da relação: estados de condição, que assumiram os seguintes valores: 1- falido, 2- ruim, 3- regular, 4- bom e 5- excelente pela classificação com os valores: 1- falido, 1.5- muito ruim, 2- ruim, 3- regular, 4- bom, 4.5- muito bom e 5- excelente, sendo lançados, respectivamente nos eixos das abscissas e ordenadas. Os métodos apresentaram os coeficientes de determinação R^2 na ordem de 0.90, com o RSMS apresentando o $R^2 = 1.0$, como deveria de ser, em função dos resultados obtidos;

- concluindo a existência de uma coerência significativa nos valores estipulados em cada método de avaliação para os níveis de severidade e densidade dos defeitos avaliados.

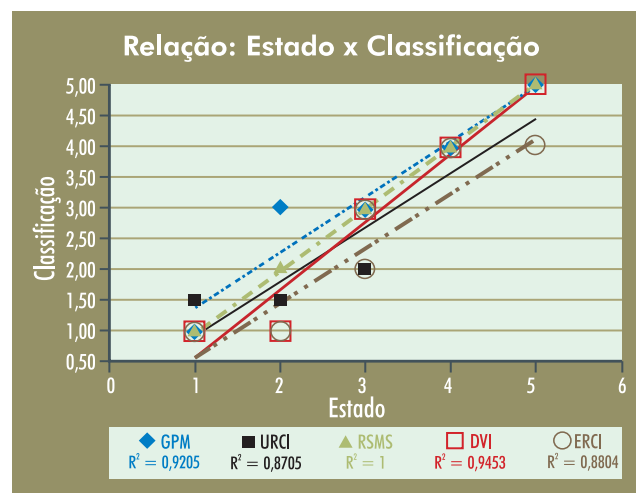


Figura 2 – Gráfico da relação entre o estado de condição e as classificações obtidas

4. RESULTADOS E ANÁLISES DO EXPERIMENTO DE CAMPO DA APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO SELECIONADOS

Para o experimento de campo selecionou-se a estrada PRC 331, onde PRC é abreviatura de Piracaia/SP e o nº 331 é a numeração dada pela prefeitura deste município para a estrada, que tem características principais apresentadas na Tabela 7, para subseções estabelecidas para

efeito de comparação entre os métodos, que o RCS/DVI estabelece no mínimo 5 e os demais também estabelecem para a extensão da estrada este número de subseção na média.

Duas avaliações de cada método foram realizadas em períodos distintos: a 1ª entre os dias 10 e 16 de agosto e a 2ª entre os dias 11 e 20 de dezembro do ano de 2003, denominadas como avaliação na estação seca e chuvosa, respectivamente, por apresentarem condições climáticas

que determinam estas estações conforme pode ser verificado na Tabela 8.

Após a realização das vistorias realizadas por F. Ferreira (FERREIRA 2004) para avaliação das subseções obtendo os dados de levantamento de campo e os respectivos cálculos de cada método para determinar a nota e classificação de cada subseção e do trecho experimental (Geral), homogeneizou-os em relação à escala adotada e esses resultados encontram-se nos gráficos das Figuras 3 e 4 para a avaliação na estação seca e chuvosa, respectivamente.

Nos gráficos das Figuras 3 e 4, além de apresentar os métodos GPM, DVI, ERCI, URCI e RSMS, apresentam o DVlr e ERCI_r. Estes significam que os valores avaliados do DVI e ERCI sofreram um processo de reponderação (r) para enquadrarem-se mais próximo das condições presentes em campo da seguinte forma:

– DVlr: trata do cálculo para a média da nota da subseção, em que o total dos valores-dedução (TVD) foi dividido pelo número total de defeitos da metodologia, no caso 7 (sete), e não pelo total de defeitos avaliados presentes na subseção, como realizado para o DVI.

– DVlr: trata do cálculo para a média da nota da subseção, em que o total dos valores-dedução (TVD) foi dividido pelo número total de defeitos da metodologia, no caso 7 (sete), e não pelo total de defeitos avaliados presentes na subseção, como realizado para o DVI.

Por exemplo: na avaliação da estação chuvosa para a subseção 1 teve-se o TVD = 23, para o DVI a nota média foi igual a 4.6, pois foram avaliados 5 defeitos, classificando-a como falido, mas para o DVlr que dividiu o TVD por 7 (nº total de defeitos na metodologia) a nota média ficou em 3.3, classificando a subseção como ruim;

– ERCI_r: os defeitos avaliados na metodologia ERCI, que são num total de 10, têm dois não freqüentes nas estradas não-pavimentadas brasileiras que são: falha e erosão de aterro na estrada e estrutura ilegal

Tabela 7 – Características gerais da Estrada PRC331 e as respectivas subseções para avaliação

Características	Subseções					
	01	02	03	04	05	
Marco	PRC33-km2	Km2-km3	Km3-km4	Km4-km5	Km5-SP063	
Extensão (m)	2000	1000	1000	1000	600	
Largura da Plataforma - m	6,0	6,0	5,0	5,0	6,0	
Revestimento * trecho íngreme	Cascalho*	Cascalho*	Leito natural	Cascalho*	Leito natural	
Velocidade média km/h	30-40	< 40	< 30	< 40	30-40	
VPD	< 50	< 50	50-100	50-100	50-100	
Unidade Amostral	GPM	Trecho todo	Trecho todo	Trecho todo	Trecho todo	Trecho todo
	RCS/DVI	0 + 500m	km2 • 250m	km3 • 250m	km4 • 250m	km5 • 250m
	ERCI	0 + 100m	km2 + 100m	km3 + 100m	km4 + 100m	km5 + 100m
	URCI	50 + 50m	km2 + 50m	km3 + 60m	km4 + 60m	km5 + 50m
	RSMS	Trecho todo	Trecho todo	Trecho todo	Trecho todo	Trecho todo
Ocupação lindeira	Sítios	Sítios, loteamento, olarias				

Tabela 8 – Dados pluviométricos extraídos do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRH (SIGRH 2004) nas datas das avaliações realizadas

Dados pluviométricos		Métodos					
		GPM	RCS/DVI	ERCI	URCI	RSMS	
Estação Seca	Data da Avaliação – dia/mês ano 2003	10/08	11/08	13/08	16/8	Realizada por meio dos dados levantados	
	Precipitação (mm)	Diária	0.0	0.0	0.0		0.0
		Semanal	7.8	7.8	7.8		11.7
		Mensal	42.3	42.3	7.8		19.5
	QDC* ≥ 10mm	Semana	0	0	0		01
Mês		02	02	0	01		
Estação Chuvosa	Data da Avaliação – dia/mês ano 2003	15/12	18/12	17/12	11/12	20/12	
	Precipitação (mm)	Diária	6.2	2.8	13.1	0.0	0.0
		Semanal	55.4	22.6	8.4	7.7	22.1
		Mensal	194.4	185.2	207.5	217.3	169.9
	QDC* ≥ 10mm	Semana	0	01	0	0	01
Mês		08	08	09	09	07	

de irrigação. Como a metodologia específica pesos para cada defeito, sendo para o 1º o valor de 20 e para o 2º o valor de 7 (o total dos pesos de todos defeitos é 100), retirando estes dois defeitos e com o total dos pesos deles (27) reponderou-o para os demais.

Por exemplo: o buraco que tinha peso no valor de 8 passou a ter seu peso no valor de 11, assim foi feito para os demais. Implicando, por exemplo: na avaliação da estação seca a subseção 03 teve classificação bom pelo ERCl, mas pelo ERClr a classificação foi regular.

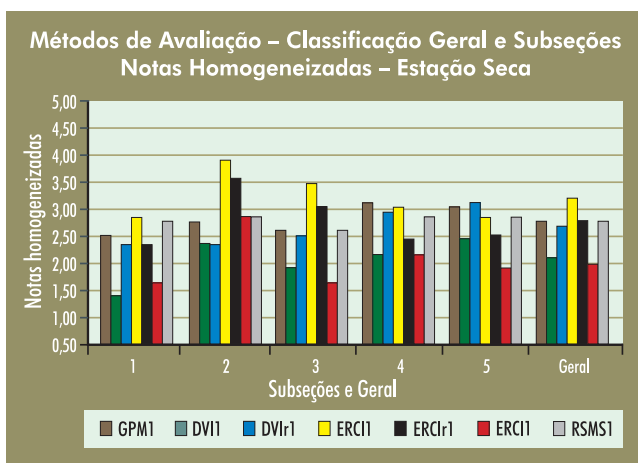


Figura 3 – Histograma das notas homogeneizadas das subseções e geral pelos métodos aplicados em campo na estação seca

Na Figura 3, pode-se observar o seguinte:

I – Em toda as subseções os métodos apresentam valores diferentes, dos quais os apresentados pelo DV11 e URCl1 estão sempre abaixo dos demais e os dos ERCl1 estão acima na maioria das subseções;

II – Não apresentam em duas ou mais subseções dois ou mais valores que se aproximam, pois: na subseção 1 os métodos DV1r1 e ERClr1 equivalem-se; por sua vez na subseção 2 tem o DV11 e o DV1r1 com os mesmos valores e o GPM1, URCl1 e o RSMS1 com valores equivalentes, contudo maiores que os dois primeiros; na subseção 3 o GPM1, DV1r1 e RSMS1 apresentam valores próximos; na subseção 4 os valores mais próximos são os do DV1r1 e o ERCl1 e os do DV11 e URCl1; e na subseção 5, somente o URCl1 está abaixo dos demais e estes estão próximos em duplas, no caso: o GPM1 com o DV1r1, DV11 com o ERClr1 e o ERCl1 com o do RSMS1; e

III – Nas notas da classificação geral (trecho experimental – PRC331) têm-se que os métodos GPM1, DV1r1, ERClr1 e RSMS1 apresentam valores próximos, classifi-

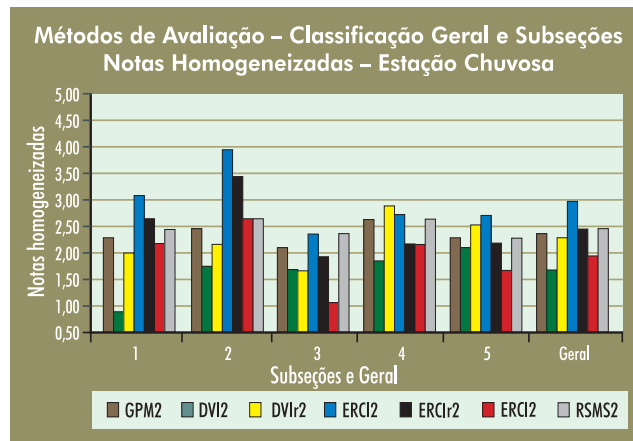


Figura 4 – Histograma das notas homogeneizadas das subseções e geral pelos métodos aplicados em campo na estação chuvosa.

cando em regular. O DV11 e URCl1 apresentam valores menores, classificando o trecho em ruim e o ERCl1 com valor acima dos demais com classificação: bom.

Pelo histograma da Figura 4, pode se observar os seguintes pontos:

I – Igual à avaliação na estação seca todas as subseções apresentam valores diferentes para cada método aplicado, com o DV12 e URCl2 apresentando os menores valores e o ERCl2 os maiores na maioria das subseções. O URCl2 apresenta-se com valores menores, porém estão próximos dos outros métodos, com exceção das subseções 3 e 5 e o DV12 nas subseções 1 e 3 ficou com valores menores dos demais métodos;

II – Em relação aos valores encontrados nas subseções, também, não se têm duas subseções apresentando dois métodos ou mais iguais com valores próximos;

III – Na avaliação geral (trecho experimental – PRC331) os valores dos métodos GPM2, DV1r2, ERClr2 e RSMS2 apresentam-se próximos, estabelecendo uma classificação das condições superficiais em regular. Os valores dos métodos DV12 e URCl2 estão abaixo dos demais e representam uma classificação como ruim e o do ERCl2 acima, representando uma classificação como regular, mas tendendo a classificação: bom, enquanto os demais tendem a classificação: ruim. Situação esta semelhante à encontrada na avaliação da estação seca.

Outro ponto analisado é os valores das subseções e gerais da estação seca em relação aos da estação chuvosa em que se teve uma diminuição do 1º em relação ao 2º para todos os métodos, confirmando a deterioração da estrada pela presença d'água, principalmente,

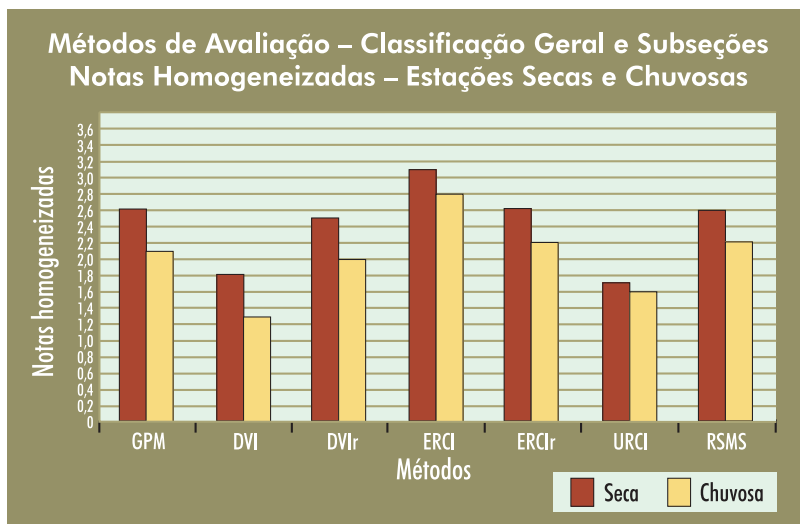


Figura 5 – Histograma dos métodos de avaliação das notas dos valores gerais homogeneizados – estação seca e chuvosa.

àquelas que apresentam seção transversal e drenagem lateral inadequadas, que estão representado na Figura 5.

Pode-se observar, pelo histograma da Figura 5, que o URCl tem, praticamente, o mesmo valor e classificação: ruim, com variação de 0.1 e os demais apresentam pequenas variações que para o GPM, ERClr e RSMS estabelecem a mesma classificação para condição: regular. Porém, o DVlr tem classificações diferentes: sendo para avaliação na estação seca - condição regular e para a estação chuvosa – condição ruim, apesar de apresentar diferença na ordem de 0.5

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho, os métodos de avaliação empregados na gerência de manutenção, apresentados, analisados e aplicados tiveram as vantagens e desvantagens ponderadas dentro das limitações impostas pelas circunstâncias intrínsecas e extrínsecas, tanto na análise teórica de sensibilidade como no experimento de campo.

A análise teórica de sensibilidade dos métodos de avaliação que foi realizada por duas hipóteses, sendo que as análises descritas na 1ª hipótese, observou-se que os métodos de avaliação RSMS, DVI e GPM apresentaram valor considerável na correlação proposta, com R^2 , na ordem de 0,90. Resultado encontrado, por estes métodos apresentarem os valores-dedução dos defeitos avaliados com boa distribuição, em função dos níveis de severidade/densidade para as classificações da condição da su-

perfície da estrada (excelente, boa, regular, ruim e falida).

O RSMS apresentou uma melhor distribuição, possibilitando a maior correlação ($R^2 = 0.94$) e as menores foram estabelecidas para os métodos ERCl e URCl, neste a menor ($R^2 = 0.33$).

Tais resultados foram encontrados, no caso do ERCl, por apresentarem pesos para os defeitos, sendo que o maior peso é para o FMC (Falha no Muro de Contenção), seguido de ALS (Altura de Superfície), que tratam de defeitos diferentes daqueles que a maioria dos métodos de avaliação possuem em sua metodologia.

Por sua vez o URCl teve o menor valor de correlação ($R^2 = 0.33$), por ter os valores-dedução dos defeitos avaliados extraídos de nomogramas, em função das medidas da severidade e da densidade determinadas para estradas revestidas com espessura considerada de cascalho, ou seja, cerca de 15 cm, o que é comum no país de origem do método, no caso EUA, segundo as pesquisas realizadas e, provavelmente, todos os defeitos não estarem presentes quando da avaliação e nem apresentarem a mesma situação, como ficou demonstrado no caso a seguir;

Da mesma forma, verificou-se que todos os métodos apresentaram fatores de correlação significativos na 2ª hipótese, com o método RSMS apresentando resultados idênticos nas relações: Estado X Classificação, determinando um fator de correlação $R^2 = 1.0$.

Na aplicação de campo, os métodos GPM, DVlr e ERClr e o RSMS apresentaram resultados próximos e a mesma classificação das condições superficiais para o trecho experimental (PRC 331), apesar de que as subseções tiveram resultados diferentes entre eles. O URCl apresentou resultados abaixo e o ERCl acima dos demais na avaliação final do trecho experimental, bem como nas subseções em ambas avaliações.

Dessa forma, não se têm parâmetros gerais, que os definam como um método ideal às condições das estradas não-pavimentadas brasileiras, que poderiam ser utilizados pela gerência de manutenção e conservação na aplicação das estratégias propostas por cada qual, de acordo com a classificação avaliada, principalmente, das subseções. Para

este fim necessitaria realizar pesquisas aplicando as estratégias proposta pelos métodos que a avaliação indica, verificando a sua eficiência entre outros.

Se for utilizar um dos métodos de avaliação, para fins de estabelecimento de um inventário da rede rodoviária não-pavimentada, estipulado pela classificação das condições superficiais, por ainda não se ter um método de

avaliação específico para estradas não-pavimentadas no Brasil, o mais indicado é o RCS/DVlr, por avaliar os defeitos mais próximos daqueles existentes em campo e, bem como, pelos resultados apresentados neste trabalho. Contudo, o mesmo pode e/ou deve ser alterado em alguns de seus parâmetros para torná-lo mais adequado às condições das estradas não-pavimentadas brasileiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELRAHMAN, M.; SHARAF, E. Use of Field Data in Calculating Cost of Earth Road Maintenance. Transportation Research Record 1304, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1991, pp. 32-37.
- EATON, R. A.; BEAUCHAM, R.E. Unsurfaced Road Maintenance Management. U.S. Army Corps of Engineers, Cold Regions Research & Engineering Laboratory, Special Report 92-26. Washington, D.C., EUA, Dezembro, 1992. 62 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTE, GEIPOP. Anuário Estatísticos dos Transportes: Rede Rodoviária. Sistema de Informações do Anuário Estatísticos dos Transportes, SISAET. Disponível em <http://www.geipot.gov.br>. Acesso em: 05 nov. 2002.
- FERREIRA, F.M. Uma Aplicação Comparativa de Métodos de Avaliação das Condições Superficiais de Estrada Não-Pavimentada. 2004. 215 p. Dissertação (Mestrado em Transporte). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, SP.
- FLUHARTY, D. PWMS. Analysis of PCI for Unpaved Road Sections [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <fnmutti@uol.com.br> em 05 fevereiro 2004.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, OECD e INTERNATIONAL BANK FOR RECONSTRUCTION AND DEVELOPMENT, BIRD – WORLD BANK. Road Monitoring Manual for Maintenance Management. Volume1: Manual for Developing Countries. Paris, 1990. 115 p.
- _____. Road Monitoring Manual for Maintenance Management. Volume 2: Damage Catalogue for Developing Countries. Paris, 1990. 91 p.
- PIRACAIA – PREFIXO: E3-229. Chuva Diária (mm) – Ano: 2003. Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, SIGRH. Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo. Disponível em <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe>. Acesso em: 20 fev 2004.
- UNIVERSITY OF NEW HAMPSHIRE. Technology Transfer Center, T². Road Surface Management System – RSMS, Workshop Notebook and Reference. Durban, NH, EUA, Maio 2001. In: PWMS Distribution – RSMS01 and SIMS02, 2002. CD-ROM.
- _____. Field Manual – Identification of Road Surface Conditions: A guide for Users of the Road Surface Management System. Durban, NH, EUA, Maio 2001. 24 p. In: PWMS Distribution – RSMS01 and SIMS02, 2002. CD-ROM.
- WALKER, D.M. Gravel-Paser Manual: Pavement Surface Evaluation and Rating. Wisconsin Transportation Information Center: Wisconsin, Madison, 1989. 32 p.

 **ESA ENGENHARIA E SISTEMAS LTDA**
AIRPORT ENGINEERING COMPANY

HydroFLOW™



www.esasistemas.com.br – Distribuidor exclusivo

Tel/Fax: (21) 2518-4358 / 2253-7125 / 2253-7784

**CANOS DESENTUPIDOS,
SEM CORROSÃO E
SEM PRODUTO QUÍMICO**

GARANTIA DE 25 ANOS

Avaliação dos efeitos das solicitações do tráfego sobre o desempenho de pavimentos flexíveis portugueses e brasileiros

José Leomar Fernandes Júnior

Professor, Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

Jorge Carvalho Pais

Professor, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho
jpais@civil.uminho.pt

Paulo António Alves Pereira

Professor, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho

RESUMO

Este trabalho investiga os efeitos das solicitações do tráfego sobre o desempenho de pavimentos portugueses e brasileiros, procurando contribuir para a melhoria das regulamentações técnicas de pesos dos veículos rodoviários de carga e para uma alocação mais justa dos custos correspondentes à deterioração dos pavimentos. Dentre os fatores de tráfego, são considerados a carga por eixo, o tipo de eixo, a pressão de enchimento dos pneus e o tipo de rodagem. São analisadas 6 estruturas de pavimento, sendo três representativas de rodovias portuguesas e três de rodovias brasileiras. São efetuadas análises mecânicas com um programa

computacional que considera os materiais constituintes das camadas do pavimento como elástico-lineares, visando a determinação de duas respostas estruturais, a deformação horizontal de tração na fibra inferior do revestimento asfáltico e a deformação vertical de compressão no topo do subleito. Com os resultados das simulações são calculados fatores de equivalência de cargas, que representam o efeito relativo de cada uma das solicitações e permitem que seja feita uma análise crítica das normas portuguesas e brasileiras. São apresentadas sugestões para a incorporação dos resultados deste trabalho aos métodos de dimensionamento de pavimentos e de dosagem de misturas asfálticas.

1. INTRODUÇÃO

As cargas repetidas aplicadas pelos veículos rodoviários são a principal causa da deterioração dos pavimentos, que devem ser periodicamente mantidos, reabilitados

ou mesmo reconstruídos. A análise da interação veículo-pavimento é dificultada porque os caminhões não provocam danos iguais a cada passagem, em virtude da heterogeneidade de tipo de veículo (rígido, articulado), carga por eixo, freqüência e número de solicitações, tipo de

eixo (simples, tandem duplo, tandem triplo), tipo de suspensão (feixe de molas, pneumática), tipo de rodagem (simples, dupla, com pneu extralargo), tipo de pneu (diagonal, radial), pressão de enchimento dos pneus, velocidade (tempo de aplicação da carga) e ponto de aplicação de carga (variação lateral da trajetória dos veículos). Além disso, a deterioração dos pavimentos também é influenciada pelas propriedades dos materiais constituintes das camadas, pelas condições operacionais do tráfego e por fatores ambientais.

Neste trabalho estuda-se a interação veículo-pavimento, fundamental para o desenvolvimento de métodos de dimensionamento de pavimentos e de sistemas de gerência da malha rodoviária. O conhecimento dos efeitos dos *fatores de tráfego* sobre o desempenho dos pavimentos também pode contribuir para o aperfeiçoamento da regulamentação técnica do tráfego de caminhões e para uma justa alocação de custos aos usuários das rodovias, proporcional aos custos associados ao consumo da vida útil dos pavimentos.

Os fatores de tráfego considerados neste trabalho são a carga por eixo, o tipo de eixo, o tipo de rodagem e a pressão de enchimento dos pneus, cujos efeitos são quantificados com base no conceito de equivalência de cargas. São consideradas apenas as formas de deterioração associadas ao comprometimento estrutural dos pavimentos, resultantes da repetição de solicitações impostas pelos veículos, representadas por modelos empírico-mecanísticos utilizados para previsão da evolução das trincas por fadiga do revestimento asfáltico e do acúmulo de deformação permanente nas trilhas das rodas. São consideradas seis estruturas típicas de pavimentos portugueses e brasileiros, cujas respostas estruturais às cargas do tráfego (tensões, deformações e deslocamentos) são calculadas por um programa que efetua análises elástico-lineares

2. FATORES DE TRÁFEGO

2.1. Carga por Eixo

O que causa a deterioração dos pavimentos é a carga por eixo, não havendo relação direta entre o peso bruto

total combinado (PBTC) e o desempenho dos pavimentos. Veículos pesados podem ser pouco danosos aos pavimentos, desde que a carga total seja distribuída por um número suficiente de eixos.

A carga por eixo é o fator isolado que mais afeta a deterioração dos pavimentos. Há uma relação exponencial entre as cargas por eixo e a deterioração dos pavimentos. Como os resultados do *AASHO Road Test* indicaram um valor próximo a 4 para esse expoente, passou-se a utilizar a expressão “lei da quarta potência” para representar os efeitos relativos de diferentes cargas por eixo. Porém, mais importante do que o valor do expoente, que normalmente varia entre 3 e 6, é a constatação de que há considerável aumento de deterioração dos pavimentos quando ocorrem acréscimos nas cargas por eixo.

A quantificação do dano relativo causado pelas cargas por eixo pode ser feita sob condição de carregamento estático, uma vez que os efeitos dinâmicos sobre o desempenho dos pavimentos dependem apenas da velocidade, da irregularidade longitudinal dos pavimentos e do sistema de suspensão (Gillespie et al. – 1992).

2.2. Tipo de Eixo

Em Portugal, os limites legais de carga por eixo são estabelecidos pela Portaria 1092/97, enquanto no Brasil são fixados pelo Código Nacional de Trânsito (Fernandes, Jr., 1995). A Tabela 1 apresenta, para todos os tipos de eixo, os limites em vigor em Portugal e no Brasil.

Tabela 1 – Limites Legais de Carga por Eixo em Portugal e no Brasil.

PAÍS	Eixo Simples Dianteiro (kN)	Eixo Simples (kN)	Tandem Duplo (kN)	Tandem Triplo (kN)
Portugal	75	100 a 120 ¹	120 a 200 ²	210 a 240 ²
Brasil	60	100	170	255

¹ Em função de ser eixo não motor ou eixo motor; ² Em função da distância entre eixos.

2.3. Tipo de Rodagem

Os tipos de rodagem atualmente utilizados em veículos rodoviários de carga são as rodas simples com pneus convencionais (diagonais e/ou radiais) nos eixos dianteiros, as rodas duplas com pneus convencionais nos demais eixos e, ainda, as rodas simples com pneus extralargos, que podem ser utilizadas em eixos direcionais ou em substituição às rodas duplas.

Os pneus extralargos representam vantagens em termos de redução da tara e dos custos operacionais. Resulta

taram da evolução da tecnologia dos pneus ocorrida no final da década de 60, quando se passou a utilizar eixos com rodas simples, porém com pneus mais resistentes e com uma largura superior à dos pneus convencionais, para transportar as mesmas cargas suportadas pelas rodas duplas. Muitos estudos, como o *Special Report 227* (TRB – 1990), que trata do aumento de produtividade da modalidade rodoviária, mostram evidências de que os pneus extralargos resultam em maior deterioração dos pavimentos.

2.4. Pressão de Enchimento dos Pneus

Durante o *AASHO Road Test* (Carey e Irick, 1960), as pressões de enchimento dos pneus variaram entre 528 e 563 kPa (75 e 80 psi). Com o advento dos pneus radiais, houve acréscimo na pressão dos pneus, sendo que, atualmente, a pressão de enchimento média nos Estados Unidos situa-se entre 703 e 738 kPa (100 e 105 psi). Na Europa, os pneus extralargos trafegam com uma pressão de enchimento da ordem de 985 kPa (140 psi). No Brasil, a pressão de enchimento média é da ordem de 844 kPa ou 120 psi (Fernandes, Jr., 1995).

Observações de pressão de enchimento dos pneus muito acima de 703 kPa (100 psi) têm causado preocupação sobre os possíveis efeitos no desempenho dos pavimentos, pois a redução da área de aplicação da carga por eixo, associada ao aumento da pressão dos pneus, aumenta significativamente os esforços atuantes, particularmente no revestimento asfáltico. O aumento da pressão de enchimento tem, também, um efeito secundário, pois aumenta a rigidez dos pneus e, conseqüentemente, os esforços dinâmicos.

As alternativas para se estender a vida em serviço de um pavimento, diante dos efeitos da pressão de enchimento dos pneus, podem ser divididas em:

- Medidas Legais: limitação da pressão de enchimento dos pneus, controle da produção de pneus capazes de suportar pressões elevadas e consideração dos pneus como parte do sistema de suspensão dos veículos (cuja aprovação seria condicionada a verificações de segurança e do potencial de deterioração dos pavimentos);
- Procedimentos de Engenharia: melhores critérios para dosagem de misturas asfálticas, uso de modelos estruturais adequados e devidamente calibrados, me-

lhor controle de qualidade de materiais e serviços e melhores estratégias de manutenção e reabilitação.

3. FATORES DE EQUIVALÊNCIA DE CARGAS

O conhecimento dos efeitos cumulativos das solicitações do tráfego é fundamental para os métodos de dimensionamento e para os sistemas de gerência de pavimentos. Por causa da grande variabilidade das condições do tráfego, seus efeitos cumulativos têm que ser expressos por um denominador comum, os *Fatores de Equivalência de Cargas* (FEC).

Os FEC permitem a conversão de aplicações de diferentes solicitações em um número equivalente de aplicações da *solicitação-padrão*, possibilitando o dimensionamento e a previsão do desempenho de pavimentos para o tráfego misto real. O conceito de equivalência de cargas é importante também para a alocação de responsabilidades sobre os custos de manutenção e restauração de rodovias, pois permite a comparação de danos causados por diferentes solicitações.

Para Hudson e Haas (1990), os Fatores de Equivalência de Cargas constituem o conceito mais utilizado em todo o mundo no dimensionamento de pavimentos. Foram introduzidos pela AASHO (atual AASHTO, *American Association of State Highways and Transportation Officials*) e pelo *Bureau of Public Road* (atual *Federal Highway Administration*, FHWA), logo após o final do *AASHO Road Test*, em 1961. Irick e A.R.E. (1989) apresentam da seguinte forma os Fatores de Equivalência de Cargas:

- supondo-se que duas condições de carregamento (L_x e L_y) são aplicadas repetidamente a pavimentos com mesmo projeto estrutural e em um mesmo ambiente;
- supondo-se, também, que quando uma dada forma de deterioração (D) atinge um valor previamente especificado (D^*) algum tipo de manutenção ou reabilitação é requerido. Assim, D^* pode ser referenciado como o nível de ruptura para a deterioração D ;
- supondo-se, finalmente, que D^* ocorre após N_x aplicações da solicitação L_x e N_y aplicações de L_y , tem-se, por definição, que N_x e N_y são aplicações de cargas equivalentes, sendo a relação entre N_y e N_x igual ao FEC de L_x em relação a L_y .

Se L_y é uma condição de carregamento-padrão (por exemplo, 80 kN de carga por eixo, eixo simples equipado

com rodas duplas, pressão de enchimento dos pneus igual a 563 kPa, ou 80 psi, a uma velocidade de 55 km/h, então a relação entre N_Y e N_X é o fator capaz de converter N_X em um número equivalente de aplicações do carregamento-padrão (ou *solicitação-padrão*). Os FEC podem, de uma maneira genérica, ser expressos da seguinte forma:

$$FEC_i = \frac{N_0}{N_i} \quad (1)$$

onde N_0 é o número de aplicações admissíveis da solicitação-padrão e N_i é o número de aplicações admissíveis da solicitação i , para a qual se quer determinar a equivalência.

As diferentes formas de deterioração (trincas por fadiga do revestimento asfáltico, deformações permanentes nas trilhas das rodas, perda de serventia etc.) podem ser expressas por valores numéricos normalizados entre 0 e 1. E, conseqüentemente, os Fatores de Equivalência de Cargas podem ser definidos como o número de repetições de uma dada solicitação necessário para produzir uma deterioração de mesma magnitude que a produzida por uma aplicação da solicitação-padrão.

O conceito de equivalência de cargas é, portanto, relativo, dependendo de:

- forma de deterioração: que pode ser manifestada por um decréscimo no Índice de Serventia (IS), pela evolução de trincas por fadiga no revestimento asfáltico e pelo acúmulo de deformação permanente nas trilhas das rodas;
- nível específico de deterioração: normalmente é considerado o nível de deterioração que exige uma intervenção (atividades de manutenção ou reabilitação). Pode-se ter, por exemplo, IS = 1,5 ou IS = 2,0, 10% ou 50% da superfície do pavimento com trincas de classe 2 e/ou 3 e deformação permanente superior a 12,5 mm ou 20,0 mm;
- condição estrutural: função das espessuras e propriedades dos materiais e do subleito, das técnicas e cuidados construtivos, das políticas de manutenção e dos fatores ambientais (principalmente temperatura e teor de umidade);
- fatores do tráfego: freqüência de solicitações, magnitude das cargas, pressão de enchimento dos pneus, tipo de rodagem, tipo de pneu, tipo de eixo, espaçamento entre eixos de um mesmo grupo, tempo de aplicação de carga (velocidade), interação dinâ-

mica entre veículo e pavimento (função da velocidade, do sistema de suspensão e da irregularidade longitudinal do pavimento) etc.

No Brasil, os Fatores de Equivalência de Cargas do Método da AASHTO são utilizados no Método de Projeto de Restauração DNER-PRO 159-85 (DNER – 1985) e os do Método do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (Turnbull et al. – 1962) estão presentes no Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis (Souza, 1981). Em Portugal, são usados os Fatores de Equivalência de Cargas do Método da AASHTO (1986).

4. ANÁLISE MECANÍSTICA

A aplicação de carga produz uma mudança no estado de tensão da estrutura do pavimento, quantificada pelas *respostas estruturais*. Algumas respostas estruturais podem ser utilizadas para a previsão da evolução de diferentes formas de deterioração e, conseqüentemente, do desempenho dos pavimentos.

De acordo com o proposto por Miner (1945), o dano unitário, causado por uma aplicação de carga, corresponde ao inverso do número (N) de aplicações de carga necessário para levar o pavimento a um estado de ruptura. Dessa forma, os Fatores de Equivalência de Cargas podem ser definidos pela relação entre os danos unitários causados pela solicitação em análise e pela solicitação-padrão, segundo a expressão:

$$FEC_i = \left[\left(\frac{1}{N_i} \right) \div \left(\frac{1}{N_0} \right) \right] = \frac{N_0}{N_i} \quad (2)$$

onde:

- FEC_i : Fator de Equivalência de Cargas para a solicitação i ;
- N_0 : vida em serviço (número admissível de aplicações de carga) prevista para a solicitação-padrão;
- N_i : vida em serviço prevista para a solicitação i .

Do ponto de vista estritamente teórico, a hipótese de Miner não é válida, pois os Fatores de Equivalência de Cargas não são constantes para todos os níveis de deterioração. No entanto, análises críticas da hipótese de Miner têm concluído pela continuidade de sua utilização (Irick e A.R.E. – 1989).

Para o desenvolvimento de Fatores de Equivalência de Cargas empírico-mecanísticos tem-se que conhecer a

equação (ou modelo) para previsão de desempenho dos pavimentos, que relaciona um determinado nível de deterioração com o número de repetições de uma dada resposta estrutural. Normalmente, o nível de deterioração adotado é aquele que corresponde ao fim da vida em serviço (número de repetições admissível, N).

As formas de deterioração consideradas neste trabalho são associadas ao comprometimento estrutural dos pavimentos e resultantes da repetição de solicitações impostas pelos veículos. São consideradas somente as *trincas por fadiga do revestimento asfáltico* e a *deformação permanente nas trilhas das rodas*, que condicionam as intervenções nas rodovias portuguesas e brasileiras e são função, respectivamente, das respostas estruturais:

- deformação horizontal de tração na fibra inferior do revestimento ($\epsilon_{ht,1}$);
- deformação vertical de compressão no topo do subleito ($\epsilon_{vc,m}$).

Os modelos empírico-mecanísticos utilizados para previsão da vida em serviço de um pavimento consideram, geralmente, apenas uma resposta estrutural, procurando prever a evolução de um único tipo de deterioração. Esses modelos apresentam a seguinte forma geral:

$$N = a \times \left(\frac{1}{\rho} \right)^b \quad (3)$$

onde:

- N : número admissível de aplicações de carga;
- a e b : coeficiente e expoente associados à forma de deterioração, à resposta estrutural considerada, ao tipo de ensaio e à estrutura analisada;
- ρ : resposta estrutural genérica.

Assim, pode-se expressar os Fatores de Equivalência de Cargas como uma potência da razão entre as respostas estruturais correspondentes à solicitação em análise (ρ_i) e à solicitação-padrão (ρ_0), pois para o cálculo dos FEC apenas o expoente b tem importância, uma vez que o coeficiente a é cancelado quando da divisão de N_0 por N_i .

$$N = \left(\frac{\rho_i}{\rho_0} \right)^b \quad (4)$$

Os Fatores de Equivalência de Cargas empírico-mecanísticos dependem, portanto, de programas para cálculo das respostas estruturais dos pavimentos às solici-

tações individuais do tráfego e em modelos empírico-mecanísticos para previsão do desempenho dos pavimentos em função das respostas estruturais, representados por equações que relacionam a vida em serviço (número de aplicações admissível, N) à magnitude da resposta estrutural considerada.

De uma forma mais detalhada, tem-se: os dados de entrada (informações sobre as solicitações do tráfego e sobre as condições ambientais, particularmente temperatura e teor de umidade) são utilizados pelos modelos que calculam as respostas estruturais (tensões, deformações e deslocamentos), a partir das espessuras (H_i) e propriedades mecânicas (E_i e n_i) dos materiais constituintes das camadas do pavimento. As respostas estruturais mais significativas (*deformação horizontal de tração na fibra inferior do revestimento*, $\epsilon_{ht,1}$ e *deformação vertical de compressão no topo do subleito*, $\epsilon_{vc,m}$) não representam a ruptura do pavimento mas podem, após um determinado número de aplicações de carga, dar origem a algumas formas de deterioração (que também não constituem a ruptura do pavimento).

Os modelos empírico-mecanísticos têm por base o desenvolvimento de relações de causa e efeito, procurando entender os mecanismos de deterioração dos pavimentos observados no campo. Tais relações, ao contrário das empíricas, baseadas apenas em correlações estatísticas, são particularmente importantes nos estudos de novas configurações de carga, para as quais não existem estudos experimentais disponíveis e a execução de novos experimentos seria dispendiosa em termos de tempo e recursos financeiros.

4.1. Trincas por Fadiga do Revestimento Asfáltico

A repetição de deformações elásticas (resilientes) causadas pelas solicitações do tráfego é responsável pelas trincas por fadiga das camadas de misturas asfálticas, sendo as trincas no revestimento o principal mecanismo de deterioração observado nas rodovias portuguesas e brasileiras e o que causa a maior parcela dos custos de restauração e manutenção de rodovias. O processo de fadiga torna-se mais pronunciado à medida em que os materiais envelhecem e têm suas propriedades alteradas.

Deacon (1965) foi o primeiro a propor que a ruptura de misturas asfálticas por fadiga poderia ser descrita

pela seguinte relação entre a deformação horizontal de tração na fibra inferior da camada asfáltica ($\varepsilon_{ht,1}$) e o número (N) de aplicações do eixo-padrão de 80 kN necessárias para produzir trincas classe 2:

$$N = a \left(\frac{1}{\varepsilon_{ht,1}} \right)^b \quad (5)$$

Uma equação de ruptura por fadiga muito utilizada é a que foi desenvolvida pela empresa de consultoria *Austin Research Engineers* (A.R.E. – 1975) com base nos dados do *AASHO Road Test* e em investigação laboratorial das propriedades estruturais de 27 seções que apresentaram ao menos trincas classe 2, que tem como expoente o valor de 5,16. Também têm sido adotadas equações que incluem o módulo de rigidez da camada asfáltica, seguindo o inicialmente proposto por Finn et al. (1973), sendo que essas equações apresentam expoente igual a 3,291. Neste trabalho, para determinação dos Fatores de Equivalência de Cargas, adota-se expoente b igual a 4.

4.2. Deformação Permanente nas Trilhas de Rodas

Outra forma importante de deterioração que os pavimentos apresentam é o acúmulo de deformação permanente nas trilhas das rodas. Trata-se de um defeito estrutural que contribui para a perda de serventia, sendo indesejável também do ponto de vista da segurança, uma vez que pode causar empocamentos que afetam o controle dos veículos (aquaplanagem).

Embora seja a forma mais importante de deterioração dos pavimentos em muitos países, a deformação permanente nas trilhas de rodas não tem a mesma importância relativa para os pavimentos portugueses e brasileiros, uma vez que ela dificilmente constitui o fator de flagrador de atividades de manutenção. Queiroz (1982), por exemplo, relata que 95% das rodovias pavimentadas do Brasil apresentavam deformação permanente inferior a 5 mm.

As razões que explicam os baixos valores de deformação permanente nas trilhas de rodas encontrados nas rodovias brasileiras são discutidas por:

- Queiroz (1982): relata que os subleitos brasileiros, em virtude da evolução pedológica sofrida pelos solos tropicais, são relativamente mais resistentes

que os solos encontrados na Europa e na América do Norte;

- Medina e Motta (1987): enfatizam que nas rodovias do Brasil o teor de umidade de equilíbrio do subleito é geralmente inferior ao teor de umidade ótimo, em virtude da elevada evapotranspiração, ao contrário do observado nas regiões em que ocorre o degelo da primavera.

No entanto, em algumas rodovias brasileiras, particularmente no Estado de São Paulo, a tendência é de utilização de pavimentos com revestimentos mais espessos, em função do volume e características atuais do tráfego. Como consequência, já estão ocorrendo problemas associados à deformação permanente nas trilhas das rodas nessas rodovias, agravados pelo fato de que os métodos utilizados para dosagem das misturas asfálticas (Método Marshall, por exemplo) não levam em consideração as alterações que ocorreram nas solicitações do tráfego desde quando esses métodos foram empiricamente desenvolvidos (passou-se, por exemplo, de uma pressão de enchimento dos pneus de 563 kPa para 844 kPa).

A estrutura geral dos modelos para previsão da evolução da deformação permanente nas trilhas das rodas em função das solicitações do tráfego é análoga à desenvolvida por Deacon (1965) para a previsão da evolução das trincas por fadiga do revestimento. As várias equações que associam o valor limite da deformação permanente (por exemplo, 20 mm) com o número de repetições admissível da solicitação-padrão (N) consideram a resposta estrutural *deformação vertical de compressão no topo do subleito* ($\varepsilon_{vc,m}$), segundo a forma geral:

$$N = a \left(\frac{1}{\varepsilon_{vc,m}} \right)^b \quad (6)$$

A diferença básica entre as diferentes equações propostas reside nos valores das constantes a e b , que são obtidas de correlações das análises mecânicas com resultados de observações de pavimentos em serviço. Na 6ª Conferência Internacional de Ann Arbor, Gerritsen e Koole (1987) apresentaram uma versão do Método da SHELL (1987), em que a deformação permanente é limitada pelo controle da deformação vertical de compressão no topo do subleito e o coeficiente a foi associado a diferentes níveis de confiança. Porém, para os diferentes

níveis de confiança, o valor do expoente b foi o mesmo, igual a 4, que é o valor adotado neste trabalho para o cálculo dos Fatores de Equivalência de Cargas.

4.3. Cálculo das Respostas Estruturais

Embora as análises elástico-lineares apresentem limitações, pois poucos materiais utilizados em pavimentação apresentam módulo de elasticidade constante para os níveis usuais de tensões e deformações, uma vez que as misturas asfálticas são susceptíveis às alterações de temperatura e ao tempo de aplicação de carga, os solos do subleito são afetados pela presença de água e os materiais granulares e os solos coesivos apresentam relação tensão-deformação dependente do estado de tensão, pesquisas realizadas por Monismith (1987) validam a utilização da teoria das camadas elásticas para a estimativa do comportamento estrutural dos pavimentos diante das cargas do tráfego. Além disso, a teoria das camadas elásticas possibilita rápida determinação das respostas estruturais e requer parâmetros de fácil determinação.

Os principais programas disponíveis para análises elástico-lineares são o ELSYM5 e o BISAR, utilizados neste trabalho. Os dados de entrada dos programas são: propriedades das camadas (espessura, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson), localização e magnitude das car-

gas (uniformemente distribuídas sobre superfícies circulares, perpendiculares ao pavimento) e coordenadas para determinação das respostas estruturais.

Neste trabalho, a distância entre os centros das superfícies de carregamento no caso das rodas duplas foi de 33 cm, enquanto a distância entre os eixos de um tandem, seja duplo ou triplo, foi de 120 cm. A determinação das respostas estruturais foi nos centros das superfícies de carregamento e em pontos de equidistância entre elas. Em profundidade, conforme já salientado, a resposta estrutural de deformação horizontal de tração foi determinada na fibra inferior do revestimento asfáltico e a resposta estrutural de deformação vertical de compressão foi determinada no topo do subleito.

As cargas por eixo consideradas nas análises procuraram abranger os limites legais que vigoram em Portugal e no Brasil:

- Eixos simples: 40, 60, 80, 100, 120 e 140 kN;
- Tandem Duplo: 160, 180 e 200 kN;
- Tandem Triplo: 220, 240 e 260 kN.

4.4. Propriedades dos Materiais

Foram consideradas três estruturas representativas de pavimentos portugueses (Tabela 2), utilizados em rodovias com tráfego pesado (PT 01), médio (PT 02) e leve (PT 03).

Tabela 2 – Propriedades mecânicas de estruturas representativas de pavimentos portugueses.

ESTRUTURA	PT 01			PT 02			PT 03		
Camada	H (cm)	E (MPa)	ν	H (cm)	E (MPa)	ν	H (cm)	E (MPa)	ν
1	5,0	4500	0,35	4,0	2500	0,35	6,0	4500	0,35
2	7,0	5500	0,35	6,0	5000	0,35	9,0	4000	0,35
3	18,0	6500	0,35	12,0	6000	0,35	20,0	400	0,35
4	20,0	200	0,35	37,0	300	0,35	20,0	200	0,35
m (subleito)	–	70	0,35	–	100	0,35	–	100	0,35

Tabela 3 – Propriedades mecânicas de estruturas representativas de pavimentos brasileiros.

ESTRUTURA	BR 01			BR 02			BR 03		
Camada	H (cm)	E (MPa)	ν	H (cm)	E (MPa)	ν	H (cm)	E (MPa)	ν
1	7,5	4000	0,30	10,0	4000	0,35	5,0	3000	0,35
2	7,5	3000	0,30	20,0	350	0,35	5,0	1300	0,35
3	25,0	350	0,40	20,0	170	0,35	20,0	170	0,35
4	–	–	–	–	–	–	30,0	130	0,40
m (subleito)	–	70	0,45	–	70	0,35	–	70	0,45

Também foram consideradas três estruturas representativas de pavimentos brasileiros (Tabela 3), utilizados em rodovias com tráfego pesado (BR 01), médio (BR 02) e leve (BR 03).

5. RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

As Figuras 1 e 2 exemplificam os Fatores de Equivalência de Cargas obtidos nas análises de eixos simples, para diferentes níveis de pressão de enchimento dos pneus

e para diferentes estruturas de pavimento, considerando-se a resposta estrutural deformação vertical de compressão no topo do subleito. Além do tipo de rodagem (rodas simples e rodas duplas), também são apresentados, como referência, os FEC da AASHTO e do DNER.

Analogamente, a Figura 3 exemplifica os Fatores de Equivalência de Cargas obtidos nas análises de tandem triplos, para diferentes níveis de pressão de enchimento dos pneus e para diferentes estruturas de pavimento.

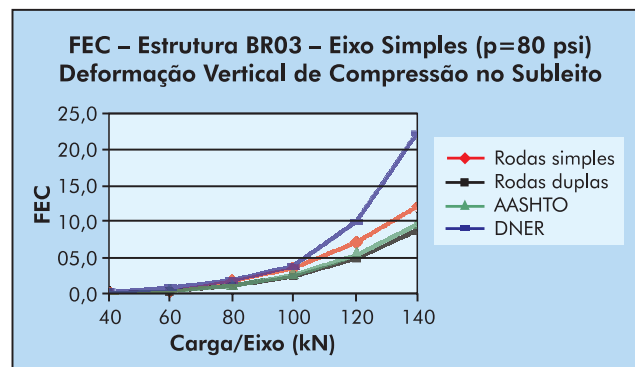
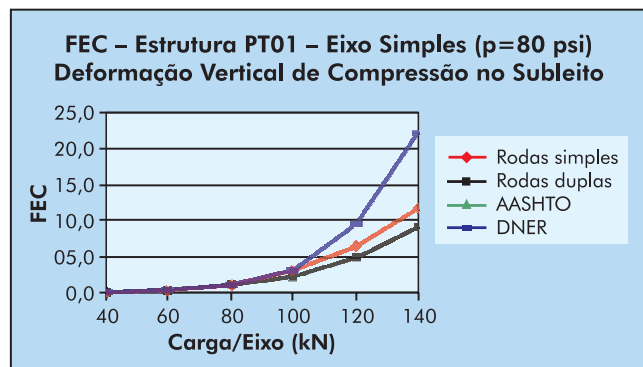


Figura 1 – FEC para eixos simples, obtidos com as Estruturas PT 01 e BR 03, considerando-se a resposta estrutural $\epsilon_{vc,m}$ e pressão de enchimento dos pneus de 80 psi.

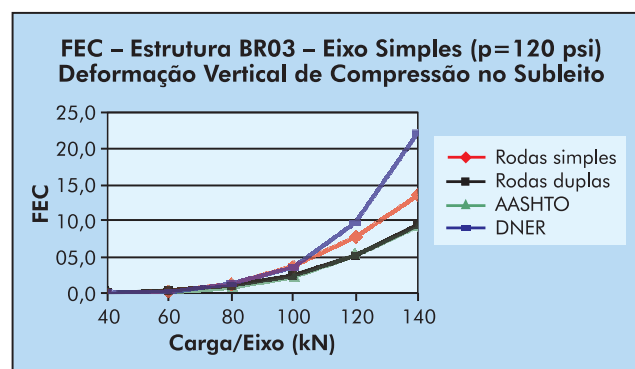
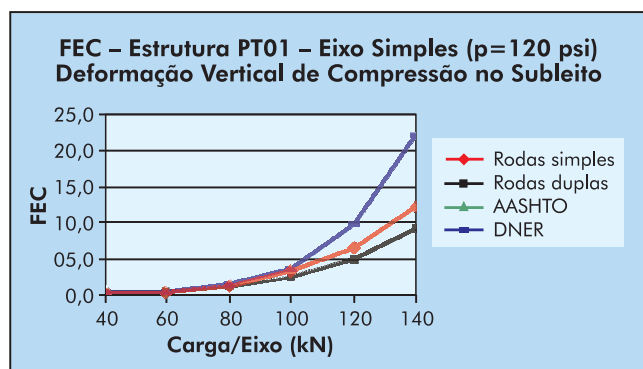


Figura 2 – FEC para eixos simples, obtidos com as Estruturas PT 01 e BR 03, considerando-se a resposta estrutural $\epsilon_{vc,m}$ e pressão de enchimento dos pneus de 120 psi.

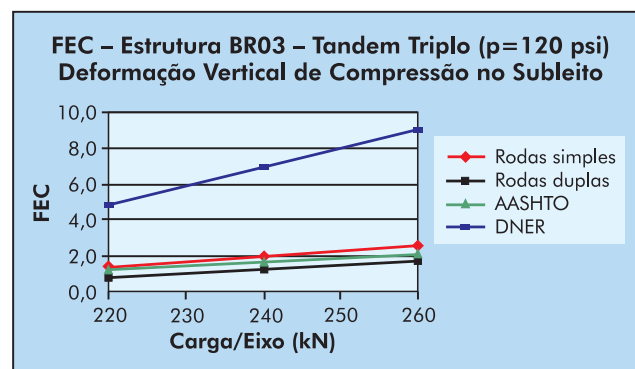
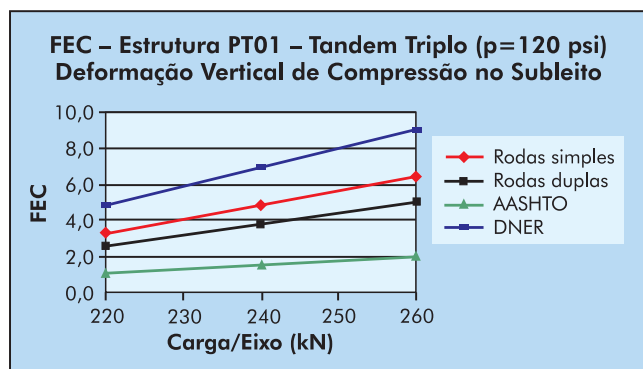


Figura 3 – FEC para tandem triplo, obtidos com as Estruturas PT 01 e BR 03, considerando-se a resposta estrutural $\epsilon_{vc,m}$ e pressão de enchimento dos pneus de 120 psi.

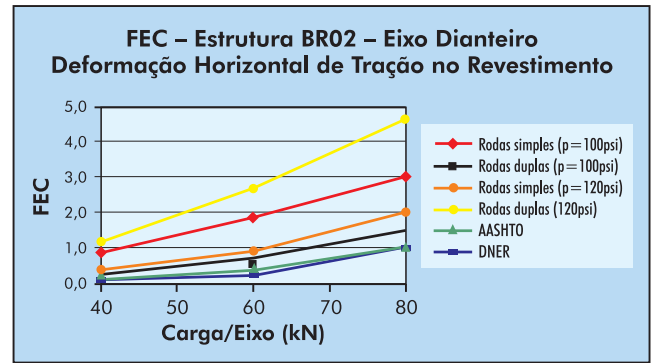
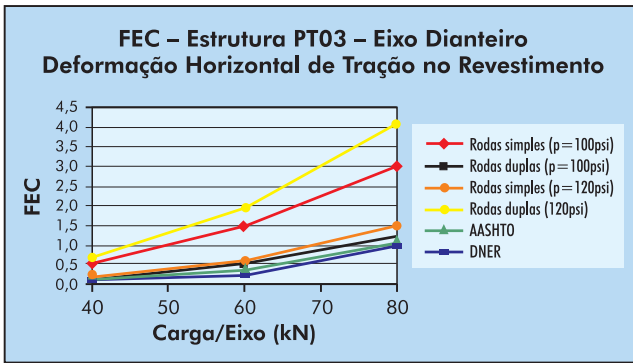


Figura 4 – FEC para eixos dianteiros, obtidos com as Estruturas PT 03 e BR 02, considerando-se a resposta estrutural $\epsilon_{ht,1}$.

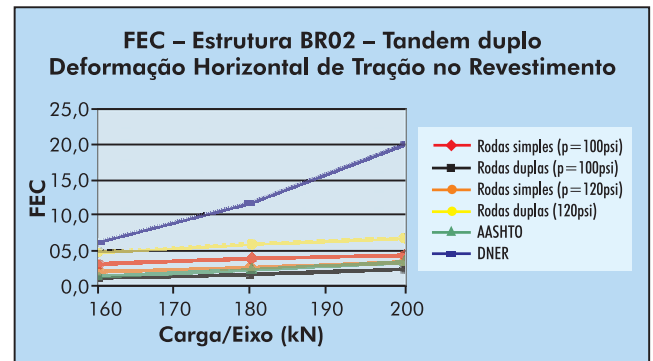
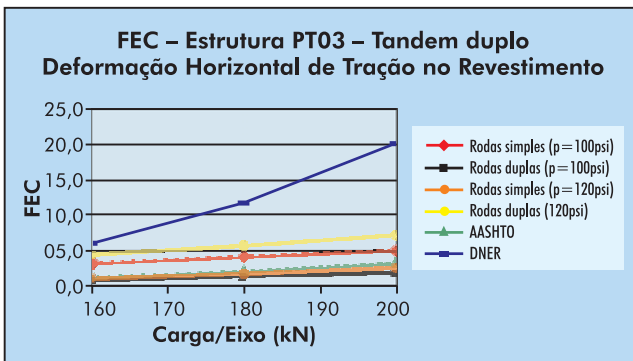


Figura 5 – FEC para tandem duplo, obtidos com as Estruturas PT 03 e BR 02, considerando-se a resposta estrutural $\epsilon_{ht,1}$.

As Figuras 4 e 5 exemplificam os Fatores de Equivalência de Cargas obtidos nas análises, respectivamente, de eixos dianteiros e tandem duplo, para diferentes estruturas de pavimento e considerando-se a resposta estrutural de deformação horizontal de tração na fibra inferior do revestimento asfáltico. Além do tipo de rodagem (rodas simples e rodas duplas) e da pressão de enchimento dos pneus, também são apresentados, como referência, os FEC da AASHTO e do DNER.

No ano de 2004 foram realizadas pesagens em diversos pontos da malha rodoviária portuguesa, o que permitiu a observação de que a incidência de sobrecarga nos eixos tem-se mantido em níveis baixos, conforme exemplificado na Figura 6, que apresenta o resumo das pesagens de eixos em tandem triplo.

Para as respostas estruturais consideradas fica evidente que, para iguais cargas por eixo, os pneus extralargos resultam em Fatores de Equivalência de Cargas mais elevados, sendo, portanto, mais danosos aos pavimentos do que as rodas duplas convencionais. Em termos médios, os pneus extralargos resultam em FEC de três a cinco vezes maiores que os correspondentes às rodas duplas. Embora a diferença seja mais acentuada quando são consi-

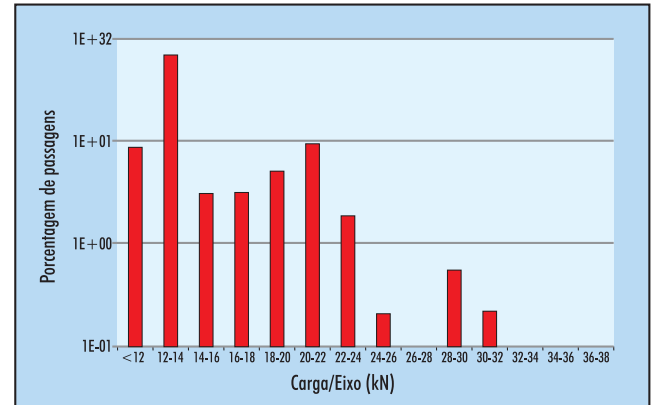


Figura 6 – Resumo de dados de pesagens de veículos rodoviários de carga realizadas em Portugal no ano de 2004 – eixos em Tandem Triplo.

deradas as respostas estruturais no revestimento asfáltico ($\epsilon_{ht,1}$), também para as respostas estruturais determinadas no subleito ($\epsilon_{vc,m}$) os FEC correspondentes aos pneus extralargos resultam pelo menos 50% maiores que os das rodas duplas.

Os efeitos da pressão de enchimento dos pneus são significativos para as respostas estruturais na camada de revestimento asfáltico ($\epsilon_{ht,1}$). Um acréscimo de 563 kPa (80 psi), que era a pressão de enchimento dos pneus quan-

do do *AASHO Road Test*, para 844 kPa (120 psi), que é a pressão média atualmente utilizada pelos veículos de carga que trafegam pelas rodovias portuguesas e brasileiras, pode corresponder a uma variação de até 50% nos Fatores de Equivalência de Cargas.

Os efeitos dos fatores de tráfego não são os mesmos para as diferentes respostas estruturais. A deformação horizontal de tração na fibra inferior do revestimento é muito sensível à carga por eixo, ao tipo de rodagem e à pressão de enchimento dos pneus, enquanto para a deformação vertical de compressão no topo do subleito o principal fator é carga por eixo, seguido pelo tipo de rodagem, com pouca influência da pressão de enchimento.

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos podem ser utilizados para o aperfeiçoamento de métodos de dimensionamento de pavimentos e de dosagem de misturas asfálticas, para uma adequação da regulamentação técnica da modalidade rodoviária e para uma alocação de custos rodoviários mais justa. Ressalta-se que as limitações inerentes ao método utilizado são atenuadas pelo fato de que este trabalho expressa os efeitos das solicitações do tráfego em termos relativos, segundo o conceito de equivalência de cargas.

O controle das cargas por eixo resulta em benefícios muitas vezes superiores aos custos de instalação, manutenção e operação de balanças. Além disso, são sugeridos:

- estabelecimento de multas e tarifas em função das cargas por eixo, mediante cálculo dos Fatores de Equivalência de Cargas, e das distâncias percorridas;
- instalação de balanças e de sistemas de pesagem em movimento que garantam uma adequada coleta de dados, propiciando o dimensionamento dos pavimentos com base em informações confiáveis sobre o volume e cargas do tráfego;
- estudos econômicos globais, desenvolvidos com a colaboração de órgãos regulamentadores, universidades, institutos de pesquisa, organismos rodoviários, empreiteiras, indústrias de transportes e representantes dos usuários e da sociedade, com o objetivo de estabelecer limites legais de dimensões e pesos que não comprometam a infra-estrutura rodoviária (pavimentos e pontes), o meio ambiente e

a segurança, nem prejudiquem a produtividade da modalidade rodoviária.

O Método da AASHTO, por ter combinado, quando da análise dos dados do *AASHO Road Test*, os eixos dianteiros (rodas simples) com os eixos simples com rodas duplas, admite que os efeitos do eixo dianteiro podem ser determinados utilizando-se as tabelas de Fatores de Equivalência de Cargas desenvolvidas para as rodas duplas. Porém, este trabalho mostra claramente que os pneus com rodagem simples (dianteiros ou extralargos) resultam em Fatores de Equivalência de Cargas de três a cinco vezes maiores que os das rodas duplas convencionais, ou seja, podem reduzir em muito a vida em serviço dos pavimentos.

No caso particular brasileiro, os eixos dianteiros equipados com pneus convencionais podem ser responsáveis por grande parte da deterioração dos pavimentos. A elevação do limite de carga nos eixos direcionais de 50 kN para 60 kN, aprovada pelo CONTRAN no passado recente, deve ser revista. Sugere-se que se retome o limite anterior de 50 kN, liberando-se valores superiores de carga nos eixos dianteiros (entre 50 kN e 70 kN, por exemplo) apenas quando da utilização de pneus extralargos.

Os métodos de dimensionamento de pavimentos utilizados em Portugal e no Brasil deveriam considerar Fatores de Equivalência de Cargas específicos para os eixos simples com rodas simples e não mais utilizar as figuras e tabelas desenvolvidas para os eixos simples com rodas duplas, pois dessa forma subestimam os efeitos danosos aos pavimentos causados pelos eixos simples equipados com rodagem simples.

A pressão de enchimento dos pneus constitui um fator importante, que deve ser considerado quando do dimensionamento de pavimentos, da dosagem de misturas asfálticas, da regulamentação técnica da modalidade rodoviária e dos critérios de alocação de custos rodoviários. Em termos de regulamentação técnica, deveria haver a limitação da pressão de enchimento dos pneus, sendo fixados, por exemplo, os limites de pressão para o *pneu frio* (valor que poderia ser impresso nas laterais dos pneus), mais uma tolerância de 105 kPa (15 psi) para o acréscimo de pressão quando em operação.

Os Fatores de Equivalência de Cargas utilizados nos meios rodoviários portugueses e brasileiros são empíricos e foram desenvolvidos sob condições específicas (da rea-

lidade norte-americana, particularmente) de clima, solos do subleito e, principalmente, solicitações do tráfego. Não permitem, portanto, a extrapolação de resultados para situações distintas das que foram admitidas quando de sua elaboração. Para a análise dos efeitos relativos de diferen-

tes condições de carregamento, como a efetuada neste trabalho, o mais indicado é a utilização de Fatores de Equivalência de Cargas empírico-mecanísticos, resultantes da análise estrutural dos pavimentos e da consideração de modelos para previsão de desempenho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO – American Association of State Highways and Transportation Officials – *Guide for Design of Pavement Structures* – 1986
- A. R. E. – AUSTIN RESEARCH ENGINEERS, INC. – *Asphalt Concrete Overlays of Flexible Pavements* – Vol. 1 – Development of New Design Criteria – Report FHWA-RD-75-75 – Federal Highway Administration – Washington, D.C. – 1975
- Carey, Jr., W.N. e Irick, P. E. – *The Pavement Serviceability – Performance Concept* – HRB Bulletin 250 – 1960
- Deacon, J. A. – *Fatigue of Asphalt Concrete* – University of California – Berkeley – California – PhD. Thesis – 1965
- DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – *Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos* – DNER-PRO 159-85 – 1985
- Fernandes Jr., J. L. – *Investigação dos Efeitos das Solicitações do Tráfego sobre o Desempenho de Pavimentos* – Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo – São Carlos-SP – Brasil – 1995
- Finn, F. N.; Nair, K e Monismith, C. L. – *Applications of Theory in the Design of Asphalt Pavements* – Third International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements – Ann Arbor – Michigan – pp. 392-409 – 1972
- Geritsen, A. H. e Koole, R. C. – *Seven Years' Experience with the Structural Aspects of the Shell Pavement Design Manual* – Proc. Sixth Int. Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavements – The University of Michigan – Ann Arbor – pp. 94-106 – 1987
- Gillespie, T. D.; Karamihas, S. M.; Cebon, D.; Sayers, M.W.; Nasim, M.A.; Hansen, W. e Ehsan, N. – *Effects of Heavy Vehicle Characteristics on Pavement Response and Performance* – Final Report 1-25 – National Cooperative Highway Research Program – TRB – The University of Michigan Transportation Research Institute – 1992
- Hudson, W. R. e Haas, R. – *Mid-Term Results: Long-Term Pavement Performance Studies* – Third International Conference on Bearing Capacity of Roads and Airfields – Trondheim – Noruega – 1990
- Irick, P. E. e A. R. E., Inc. Engineering Consultants – *Characteristics of Load Equivalence Relationships Associated with Pavement Distress and Performance* – Final Report – Trucking Research Institute – American Trucking Association – 1989
- Medina, J. e Motta, L. M. G. – *Design of Asphalt Pavements Using Lateritic Soils in Brazil* – Proc. VI Int. Conf. on Structural Design of Asphalt Pavements – The University of Michigan – Ann Arbor – pp. 898-903 – 1987
- Miner, M. A. – *Cumulative Damage in Fatigue* – Journal of Applied Mechanics – American Society of Mechanical Engineers – September – 1945
- Monismith, C. L. – *Twenty-Five Years of International Conferences – Main Address* – Sixth Int. Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavements – Proc. Vol. II – pp. 1-18 – The University of Michigan – Ann Arbor – Michigan – USA – 1987
- Queiroz, C.A.V. – *Performance Prediction Models for Pavement Management in Brazil* – PhD Dissertation – The University of Texas at Austin – 1982
- SHELL – *Pavement Design Manual: Asphalt Pavements and Overlay for Road Traffic* – Shell International Petroleum Company Limited – Londres – 1987
- Souza, M. L. – *Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis* – DNER – 1981
- TRB – *New Trucks for Greater Productivity and Less Road Wear – An Evaluation of the Turner Proposal* – National Research Council – Special Report 227 – Washington, D. C. – 1990
- Turnbull, W. J.; Foster, C. R. e Ahlvin, R. G. – *Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume* – International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements – The University of Michigan – Ann Arbor – 1962

Retardamento de reflexão de trincas em recapeamentos

Um estudo com simulador de tráfego comparando concretos asfálticos com ligante convencional e com asfalto borracha

Washington Peres Núñez

Professor Adjunto da Universidade Federal do Rio grande do Sul

Viviane Wickbolt

Eng^a Civil, Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Jorge Augusto Pereira Ceratti

Professor Adjunto Universidade Federal do Rio grande do Sul

Armando Morilha Júnior

Engenheiro da Greca Asfaltos S.A.

Paulo Ruwer

Engenheiro do Consórcio UNIVIAS

RESUMO

Nos últimos anos, o emprego de misturas asfálticas com ligante modificado com borracha (*asphalt rubber*), no Brasil, tem experimentado um crescimento acelerado. Com o objetivo de quantificar a evolução da reflexão de trincas em recapeamentos compostos por concretos asfálticos com ligante convencional ou com ligante modificado por borracha, um estudo envolvendo ensaios acelerados de pavimentos foi realizado em conjunto pelo Laboratório de Pavimentação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LAPAV) e o Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do mesmo estado (DAER/RS). Recapeamentos com 4 cm de espessura foram executados sobre pavimentos experimentais idênticos, constituídos por revestimento em concreto asfáltico severamente trin-

cado e base e sub-base granulares. De março de 2003 a fevereiro de 2005, o Simulador de Tráfego DAER-UFRGS aplicou cargas de eixo de 100 kN nas duas seções experimentais em verdadeira grandeza. Durante o período de solicitação, registrou-se a evolução do trincamento e mediram-se deformações e deflexões. No recapeamento com ligante modificado por borracha as trincas refletiram muito mais lentamente (5,5 vezes, na média). Este desempenho superior foi confirmado pelos resultados da instrumentação (deformações); enquanto na seção com ligante convencional as deformações de extensão na fibra inferior do recapeamento aumentaram continuamente com o tráfego, no recapeamento com asfalto borracha as deformações praticamente não variaram. O mesmo padrão de evolução foi registrado nas deflexões.

1 INTRODUÇÃO

A reflexão de trincas é um dos mecanismos de ruptura mais comuns em revestimentos asfálticos. Por isso, o retar-

damento da reflexão de trincas em recapeamentos asfálticos tem estimulado o desenvolvimento de novas técnicas e novos materiais. Entre esses materiais destaca-se o asfalto borracha, utilizado pela primeira vez no Rio Grande do Sul,

no início da década. Com o objetivo de quantificar a evolução da reflexão de trincas em recapamentos executados com cimento asfáltico convencional e com asfalto borracha, bem como complementar e confirmar o desempenho já apresentado por pavimentos reais, o Laboratório de Pavimentação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LAPAV), o Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER/RS) do mesmo estado realizaram um estudo conjunto, com apoio do Consórcio Univias e da empresa Greca Asfaltos, utilizando o Simulador de Tráfego DAER/UFRGS.

Ao longo do período de solicitação dos pavimentos experimentais, acompanhou-se a evolução das trincas que refletiram nos recapamentos e mediram-se deflexões e afundamentos de trilhas de rodas na superfície e deslocamentos nas interfaces entre as camadas trincadas e os recapamentos. Este artigo analisa os principais resultados da pesquisa, explicitando a eficiência de recapamentos em concreto asfáltico com ligante modificado por borracha, no retardamento de reflexão de trincas.

2 DETALHES EXPERIMENTAIS

De julho de 2003 a fevereiro de 2005 foram aplicadas cargas correspondentes a um eixo simples de 100kN em duas seções de uma pista experimental, que foi dividida longitudinalmente, conforme a figura 1.

Em uma das seções o recapamento consistiu de concreto asfáltico com ligante convencional CAP-20. Na outra o recapamento foi executado com concreto asfáltico com asfalto borracha. A figura 1 mostra também as áreas com trincamento simulado em ambas as seções e a localização da instrumentação instalada durante a construção. A figura

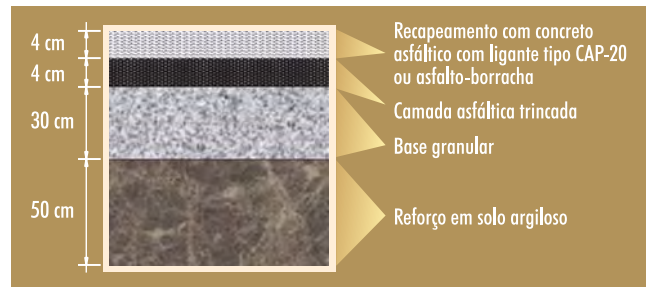


Figura 2 – Estrutura dos pavimentos das seções ensaiadas.

ra 2 apresenta as estruturas de pavimento das duas seções, que diferem apenas quanto ao tipo de ligante asfáltico utilizado nos recapamentos, de 4 cm de espessura.

Como reforço de subleito foi utilizado um solo laterítico vermelho, com teor de argila de 43%. Ensaio de plasticidade indicaram um limite de liquidez de 44% e um Índice de Plasticidade de 21%. O solo foi classificado como A-7-6(7). O peso específico aparente seco máxima correspondente à energia do Ensaio Proctor Normal foi de 16,7 kN/m³ e o teor de umidade ótima foi de 20,6%. Ensaio realizados in situ indicaram um grau de compactação médio de 103%. O teor de umidade de compactação variou entre 19,0% e 22,0%, assegurando um Índice de Suporte Califórnia mínimo de 10%.

A base de brita graduada, com 30 cm de espessura, foi construída com rocha basáltica. Seu peso específico aparente seco máximo correspondente à energia do Ensaio Proctor Modificado foi de 23,9 kN/m³ e o teor de umidade ótima foi de 8,7%.

Com o objetivo de simular um revestimento trincado por fadiga como o mostrado na figura 3, a camada de concreto asfáltico foi serrada de acordo com o padrão mostrado na figura 4, obtendo-se trincas com 4 cm de

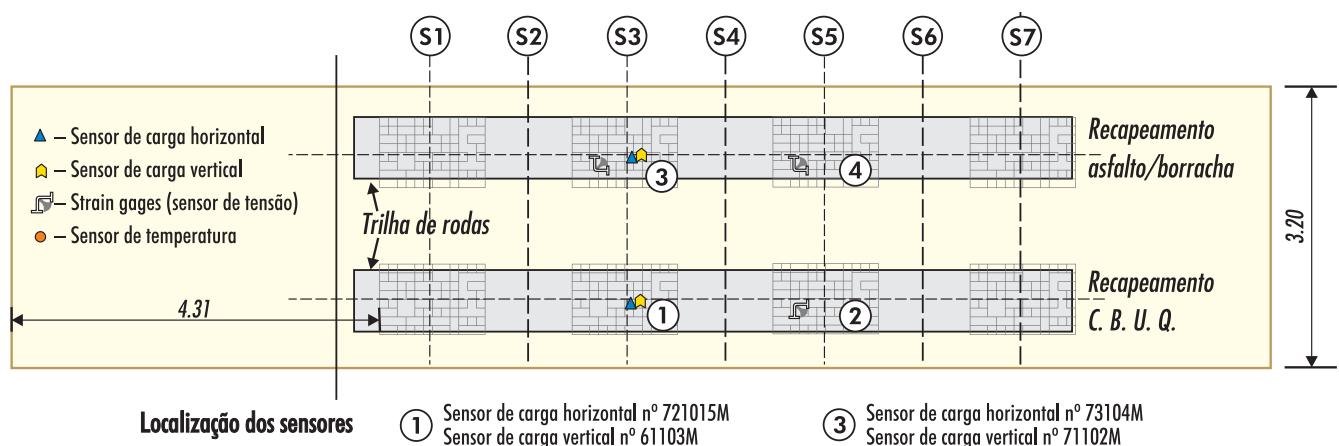


Figura 1 – A pista experimental com as áreas trincadas previamente e localização da instrumentação.

profundidade e abertura de 0,4 cm, representando um nível de elevada severidade de trincamento. As trincas serradas definiram áreas retangulares de 1,20 m de comprimento e 0,80m de largura. Para evitar a selagem das trincas durante a aplicação da pintura de ligação, as trincas foram preenchidas com solo argiloso.

A tabela 1 apresenta a composição granulométrica dos agregados utilizados nas duas misturas de concreto asfáltico estudadas.

As características dos ligantes asfálticos utilizados são mostrados na tabela 2, enquanto a tabela 3 apresenta os parâmetros Marshall das duas misturas asfálticas.



Figura 3 – Padrão de revestimento severamente trincado por fadiga.

Tabela 1 – Composição granulométrica dos agregados

Peneiras	Mistura com Asfalto Convencional		Mistura com Asfalto Borracha	
	Mat. Ret.	% Pass	Mat. Ret.	% Pass
¾"		100		100
½"	47,2	94,2	71,0	90,6
3/8"	102,3	87,4	106,5	85,9
Nº 4	313,0	61,3	282,4	62,7
Nº 8	491,1	39,3	442,1	41,6
Nº 30	653,2	19,3	600,0	20,7
Nº 50	692,4	14,4	646,4	14,6
Nº 100	722,3	10,8	682,5	9,8
Nº 200	754,3	6,8	717,3	5,1

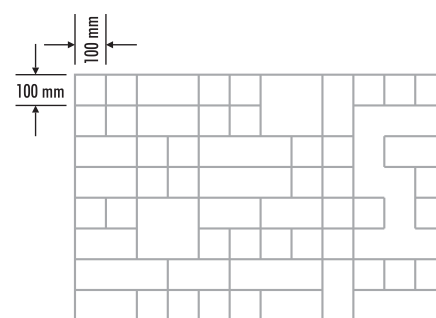


Figura 4 – Trincamento imposto (serrado) à camada asfáltica subjacente aos recapeamentos

Tabela 2 – Características dos ligantes asfálticos utilizados nas misturas

	Norma	Ligante modificado pela adição de borracha (Ecoflex B)	Ligante convencional CAP 20
Ponto de Amolecimento °C	ASTM D 36	52	47,5
Penetração (25°C, 5s, 100g) 0,1 mm	ASTM D 5	60	56,5
Recuperação Elástica %	DNER – ME 382/99	30	-
Viscosidade Brookfield *	ASTM D 4402	(*) 1265	(*) 331,0
a 135°C cP		(*) 495	(*) 137,5
a 155°C cP		(*) 265	(*) 66,0
Viscosidade Brookfield a 175, cP	ASTM D 2196	935	-
RTFOT Perda de massa, %	ASTM D	0,96	0,31
Análises após RTFOT			
Penetração (25°C, 5s, 100g) 0,1 mm	ASTM D 5	35	36,3
Recuperação Elástica %	DNER – ME 382/99	63	-
Viscosidade Brookfield	ASTM D 4402	(**) 3285	(*) 517,5
a 135°C cP		(**) 1190	(*) 197,0
a 155°C cP		(**) 472	(*) 92,0
Ponto de Amolecimento °C	ASTM D 36	61,5	51,2

Fonte: Grupo Greca Asfaltos, 2003

(*) spindle 21 20 rpm 5 minutos a 135°C

(*) spindle 21 50 rpm 5 minutos a 155°C

(*) spindle 21 100 rpm 5 minutos a 175°C

(**) spindle 21 10 rpm 5 minutos a 135°C

(**) spindle 21 20 rpm 5 minutos a 155°C

(**) spindle 21 50 rpm 5 minutos a 175°C

O asfalto borracha Ecoflex B utilizado na pesquisa é um ligante de viscosidade superior à de cimentos asfálticos de petróleo convencionais. Na sua constituição apresenta um teor de borracha granulada de pneus entre 12% e 17%, e se destina basicamente a ser aplicado em misturas asfálticas densas contínuas.

O asfalto borracha apresenta novas propriedades e relações físico-químicas diferentes do ligante original. Suas propriedades são apresentadas na tabela 4.

Durante os dois anos de solicitação, a precipitação pluviométrica, a temperatura do ar e a radiação solar foram registradas em uma estação meteorológica. A temperatura do pavimento foi também determinada toda vez que se mediam deflexões e deformações.

Na região de Porto Alegre, a precipitação pluviométrica média é de 1310mm. Durante os testes a temperatura do ar variou entre 0°C e 37°C, enquanto que a temperatura do pavimento, medida na interface entre a camada trincada e o recapeamento, variou entre 4°C e 56°C. Foram deter-

minadas deflexões em sete posições ao longo de cada seção, antes e durante a aplicação de cargas. Foram determinadas também bacias de deformação que foram utilizadas para o cálculo de módulos de elasticidade do pavimento e do subleito, por retroanálise.

A pesquisa foi enriquecida pelos resultados de instrumentação. Foram instalados sensores de deformação no pavimento. A figura 5 mostra o arranjo de sensores de deformação utilizados e leituras típicas de deformação nas direções longitudinal, transversal e a 45º na interface entre a camada trincada e o recapeamento.

O desempenho das seções experimentais foi acompanhado através da evolução do trincamento e de deformações permanentes na superfície. As deformações permanentes foram determinadas através de um perfilógrafo transversal, utilizando-se como referência uma leitura inicial realizada antes do início do carregamento.

Um processo manual foi utilizado para medir as trincas. Conforme mostrado na figura 6, foram empregadas

Tabela 3 – Parâmetros Marshall das misturas

	Parâmetros da mistura com asfalto convencional (AC)			Parâmetros da mistura com asfalto c/borracha (AR)		
Teor de ligante (%)	5,75			6,7		
DNER-ME 043/95		mínimo	máximo		mínimo	máximo
Massa específica aparente (g/cm ³)	2,48	-	-	2,456	-	-
Vv (%)	3,6	4,0	5,0	4,4	4,0	5,0
RBV (%)	79,5	75,0	82,0	77,9	75,0	82,0
Estabilidade (kgf)	1238	500	-	1606,64	500	-
Fluência (mm)	3,0	2,0	4,0	3,43	2,0	4,0
VAM (%)	17,4	15,0	-	19,89	15,0	-
Resistência à tração (kgf/cm²)				15,73		

Tabela 4 – Propriedades do ligante Ecoflex B

Ensaio	Umidade	Norma	Requisito	Ecoflex B
Viscosidade Brookfield, 175° C	cP	ASTM D 2196	Mínimo	800
			Máximo	2500
Penetração (100 g, 5 s, 25° C)	0,10 mm	ASTM D5	Mínimo	25
			Máximo	75
Recuperação elástica	%	NLT 329/91	Mínimo	50
Ponto de amolecimento	° C	ASTM D 36	Mínimo	55
Ponto de fulgor	° C	ASTM D 93	Mínimo	235

Fonte: Grupo Greca Asfaltos, 2005

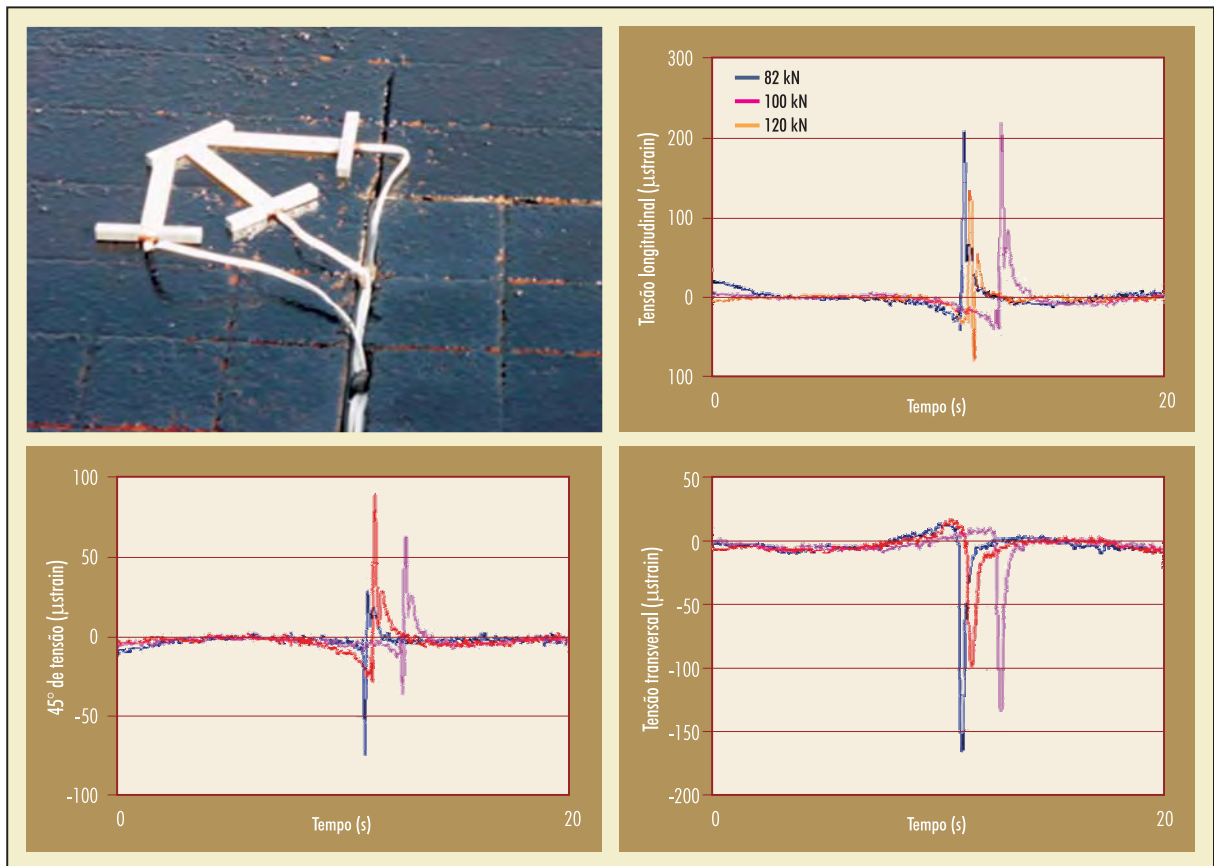


Figura 5 – Arranjo de sensores de deformação e leituras típicas

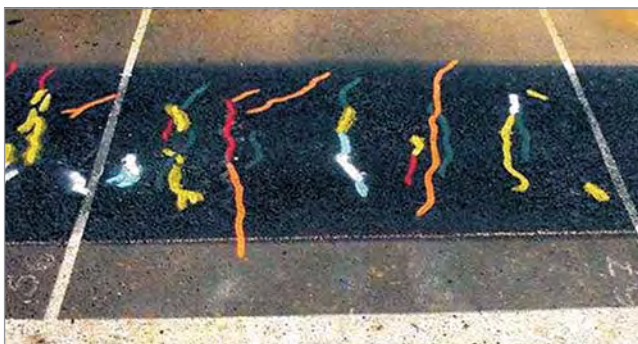


Figura 6 – Trincas pintadas em cores diferentes de acordo com a ordem de surgimento

cores diferentes para identificar a propagação de trincas, as quais foram mapeadas utilizando-se uma grade quadrada com 1,0 m de lado e abertura de malha de 0,10m.

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A figura 7 mostra a evolução do trincamento nas duas seções estudadas. Observa-se claramente o melhor desempenho do recapeamento com o asfalto borracha como camada retardadora de reflexão de trincas. As primeiras trin-

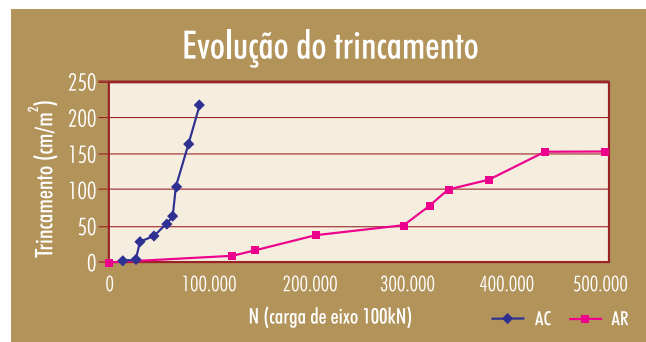


Figura 7 – Evolução do trincamento nos recapeamentos com ligante convencional (AC) e com asfalto borracha (AR)

cas apareceram no recapeamento com concreto asfáltico convencional após 14.000 ciclos de carga de eixo de 100 kN, alcançando após 98.000 aplicações de carga a densidade de área trincada era de 200 cm/m². No recapeamento com concreto asfáltico com asfalto borracha as primeiras trincas surgiram após 123.000 cargas de eixo de 100 kN.

Comparando a evolução do trincamento na figura 7, constata-se que:

- a) O índice de severidade de trincamento de 50 cm/m² foi alcançado após 53.000 repetições de carga no reca-

peamento com concreto asfáltico convencional, e somente após 294.000 ciclos de carga no recapeamento com asfalto borracha;

b) O índice de severidade de trincamento de 100 cm/m² foi alcançado após 66.000 repetições de carga no recapeamento com concreto asfáltico convencional, e somente após 399.000 ciclos de carga no recapeamento com asfalto borracha, e

c) O índice de severidade de trincamento de 150 cm/m² foi alcançado após 76.000 repetições de carga no recapeamento com concreto asfáltico convencional, e somente após 455.000 ciclos de carga no recapeamento com asfalto borracha.

Sintetizando, a reflexão de trincas foi de 5 a 6 vezes mais lenta no recapeamento com asfalto borracha do que naquele com ligante asfáltico convencional. Isto pode ser atribuído à maior elasticidade do asfalto borracha. A tabela 5 mostra que, embora ambos os materiais apresentem praticamente a mesma resistência à tração, o módulo de resiliência da mistura com o asfalto borracha é aproximadamente 27% menor do que o do concreto asfáltico convencional.

Deve-se considerar, no entanto, que os resultados apresentados na figura 7 devem ser corrigidos considerando-se a temperatura média durante os ciclos de carga em ambas as seções. Enquanto a seção com mistura asfáltica convencional (AC) foi ensaiada apenas no inverno, a seção com recapeamento em asfalto borracha (AR) foi ensaiada durante duas primaveras, dois verões e um inverno.

Um estudo complementar relatado por Núñez et al. (2006), incluindo a realização de ensaios de módulo de resiliência a diferentes temperaturas em corpos-de-prova extraídos da pista e análise de fadiga, mostrou que se ambos os recapeamentos tivessem sido ensaiados sob idênticas condições de clima, a eficácia do recapeamento com asfalto borracha teria sido 4,84 vezes maior. A evolução das deflexões com os ciclos de cargas seguiu pa-

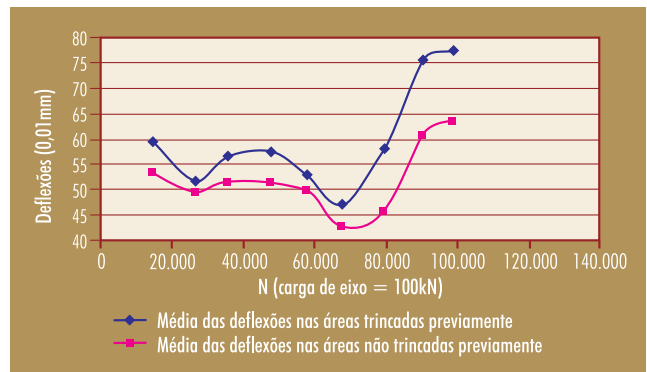


Figura 8 – Evolução das deflexões médias na seção com ligante convencional.

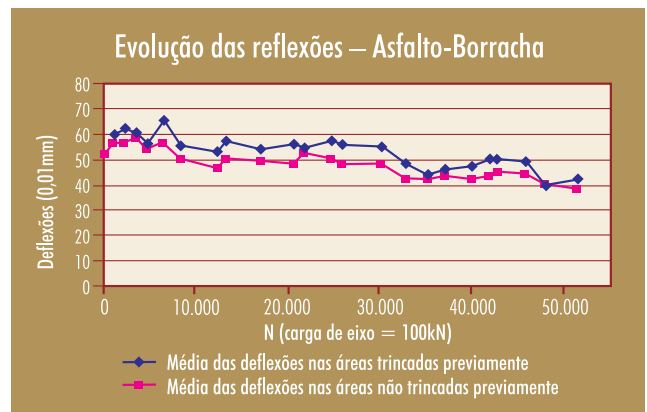


Figura 9 – Evolução das deflexões médias na estrutura com asfalto borracha.

drões diferentes em cada seção. A figura 8 mostra que na estrutura com o recapeamento com ligante convencional, após uma fase aproximadamente estável, as deflexões aumentaram bastante, sugerindo o início da fase de fadiga. Este comportamento é observado tanto em pontos de medida sobre áreas trincadas quanto em pontos sobre áreas não trincadas previamente (figura 1).

Diferentemente, conforme mostrado na figura 9, na estrutura com o recapeamento em asfalto borracha, após um ligeiro aumento, as deflexões mantiveram-se praticamente constantes, experimentando um ligeiro declínio após mais de 500.000 aplicações de carga, quando eram da

Tabela 5 – Resultados de ensaios de laboratório em amostras extraídas de pista

	Média (MPa)	Coefficiente de variação (%)
Módulo de resiliência – Mistura convencional	4.930	32
Resistência à tração – Mistura com borracha	0,72	14
Módulo de resiliência – Mistura convencional	3.573	26
Resistência à tração – Mistura com borracha	0,71	9

ordem de 0,40 mm. Isto mostra que o uso do asfalto borracha no recapeamento contribuiu na melhoria do desempenho estrutural.

Os sensores de deformação mostrados na figura 5 foram posicionados nas interfaces entre as camadas de revestimento trincadas e os recapeamentos. Periodicamente foram medidas deformações longitudinais (ϵ_x), transversais (ϵ_y) e a 45° (ϵ_{xy}) geradas por cargas de eixo de 82 kN; 100 kN e 120 kN, a partir das quais calcularam-se as deformações principais ϵ_1 e ϵ_2 .

A deformação principal ϵ_1 aumentou com o tráfego, variando de 169 μ m a 386 μ m (valores correspondentes a cargas de eixo de 100 kN). Considerando que o comportamento de misturas asfálticas quanto a deformações é fortemente influenciado pelas temperaturas, foi realizada uma análise estatística que resultou no modelo (1).

$$\epsilon_1 = 0,001 N + 14,18 T - 99,25 \quad (1)$$

onde: ϵ_1 deformação principal maior (extensão); N é o número de cargas de eixo de 100 kN e T é a temperatura na interface em $^\circ$ C. O modelo (1) é estatisticamente significativo ($R^2 = 0,94$) e mostra que ϵ_1 aumenta com o tráfego e com as temperaturas do pavimento.

A evolução das deformações na fibra inferior do recapeamento com asfalto borracha foi diferente da ocorrida na seção com mistura convencional. As temperaturas do pavimento não afetaram estatisticamente a evolução das deformações, provavelmente devido á pequena faixa variação (19,5 $^\circ$ C a 27,5 $^\circ$ C) durante o período de medição destas.

O modelo (2) representa razoavelmente ($R^2 = 0,51$) a evolução das deformações.

$$\epsilon_1 = 126,5 + 0,0008 N \quad (2)$$

A figura 10 apresenta a evolução média do afundamento de trilha de roda nas duas seções. Até aproximadamente 20.000 ciclos de carga, esta evolução foi praticamente idêntica. Posteriormente, as deformações aumentaram mais rapidamente no recapeamento com ligante convencional. No final do período de solicitação na seção com ligante convencional (N= 98.543), o afun-

damento médio de trilha de roda era 6,86 mm, nível alcançado no recapeamento com asfalto borracha após 258.483 ciclos de carga.

É importante salientar que o afundamento de trilha de roda na seção com asfalto borracha após 513.452 solicitações de cargas de eixo de 100 kN era 7,86 mm, um valor aceitável considerando-se que em ensaios acelerados de pavimentos com simuladores de tráfego, as solicitações são mais severas do que as impostas pelo tráfego real, devido à baixa velocidade de aplicação de cargas de simuladores lineares.

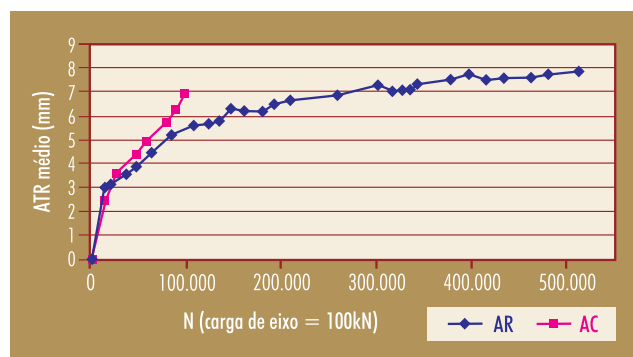


Figura 10 – Evolução dos afundamentos de trilhas de roda nas duas seções.

4 CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios acelerados com emprego do Simulador de Tráfego DAER-UFRGS mostram claramente o melhor desempenho do recapeamento com asfalto borracha. A reflexão de trincas nesse recapeamento foi aproximadamente 5 vezes mais lenta do que no recapeamento convencional. Além disto, a evolução das deflexões superficiais e deformações horizontais mostraram que o emprego de recapeamentos com asfalto borracha presença confere ao pavimento uma melhor condição estrutural.

Os resultados obtidos com a utilização do simulador de tráfego validaram estudos de laboratório relatados anteriormente, realizados pelo Consórcio Univias, a empresa Greca Asfaltos S/A, o Laboratório de Pavimentação da UFRGS e o DAER/RS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Núñez, W. P.; Ceratti, J. A. P.; Theisen, K. M.; Morilha, A. Using APT to compare the efficiency of overlay materials used in Brazil. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1974, p. 138-144, 2006.

A Revista PAVIMENTAÇÃO disponibiliza este espaço para publicidade de resumos de dissertações de mestrado e teses de doutorado concluídas ou em andamento que abordem temas referentes à pavimentação. Os resumos devem ser enviados para: redacao@abpv.org.br e redacao@revistapavimentacao.org.br.

Teses e dissertações defendidas na USP – São Carlos sobre pavimentos e materiais de pavimentação entre 1973 e 2005

As teses de doutorado e as dissertações de mestrado apresentadas estão disponíveis na Biblioteca da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

Informações adicionais podem ser obtidas pelo correio eletrônico: leomar@sc.usp.br

Relação das dissertações de mestrado

Autor: BENEDITO COUTINHO NETO

Título: Redes neurais artificiais como procedimento para retroanálise de pavimentos flexíveis

Orientador: Prof. Dr. Glauco Tulio Pessa Fabbri

Data da defesa: 26/04/00

Autor: MÁRIO JOSÉ GARRIDO DE OLIVEIRA

Título: Aplicação da fotogrametria para o registro e avaliação de defeitos superfície de pavimentos flexíveis

Orientador: Prof. Dr. Glauco Tulio Pessa Fabbri

Data da defesa: 30/06/00

Autor: CARLOS ALBERTO PRADO DA SILVA JUNIOR

Título: Influências da perda de umidade antes da compactação em misturas de areia-asfalto a frio feitas com emulsão asfáltica catiônica de ruptura lenta

Orientador: Prof. Associado Manoel Henrique Alba Sória

Data da defesa: 30/06/00

Autor: ANDRÉA REGINA KANEKO KOBAYASHI

Título: Avaliação da influência do tipo de cimento na expansibilidade de misturas de fosfogesso e cimento

Orientador: Prof. Doutor Alexandre Benetti Parreira

Data da defesa: 29/08/00

Autor: SIMONNE DA COSTA AMARAL

Título: Estudos de misturas asfálticas densas com agrega-

dos do estado do Pará, utilizando asfalto convencional (CAP-40) e asfalto modificado com polímero SBS (BETUFLEX B 65/60)

Orientador: Prof. Glauco Tulio Pessa Fabbri

Data da defesa: 29/08/00

Autor: CLAUDIO TAIRA

Título: Avaliação no desempenho em laboratório de misturas asfálticas densas utilizando asfalto convencional (CAP-20) e asfalto modificado com polímero SBS (BETUFLEX B 65/60)

Orientador: Prof. Doutor Glauco Tulio Pessa Fabbri

Data da defesa: 27/04/01

Autor: HELIANA BARBOSA FONTENELE

Título: Estudo para adaptação de um método de classificação de estradas não pavimentadas às condições do município de São Carlos/SP

Orientador: Prof. Associado Manoel Henrique Alba Sória

Data da defesa: 26/11/01

Autor: CELIO DARONCHO

Título: Contribuição à análise de qualidade de viagem e suas relações com a distribuição de defeitos em segmentos de rodovias

Orientador: Prof. Titular José Bernardes Felex

Data da defesa: 18/12/01

Autor: OMAR DE BARROS SILVESTRE JUNIOR
Título: Fosfogesso estabilizado com cimento para aplicação na construção rodoviária – A influência do tipo de cimento na resistência e deformabilidade da mistura

Orientador: Prof. Doutor Alexandre Benetti Parreira
Data da defesa: 20/02/02

Autor: EVERTON BEZERRA PARENTE
Título: Avaliação do comportamento mecânico das misturas de solo-cimento e fosfogesso e cimento para uso na construção rodoviária

Orientador: Prof. Doutor Alexandre Benetti Parreira
Data da defesa: 21/02/02

Autor: LILIAN TAÍS DE GOUVEIA
Título: Avaliação do ensaio de angularidade do agregado fino (FAA) da especificação Superpave

Orientador: Prof. Doutor José Leomar Fernandes Júnior
Data da defesa: 28/02/02

Autor: ADALBERTO LEANDRO FAXINA
Título: Estudo em laboratório do desempenho de concreto asfáltico usinado a quente empregando ligante tipo asfalto-borracha

Orientador: Prof. Associado Manoel Henrique Alba Sória
Data da defesa: 18/07/02

Autor: JOSÉ ROBERTO FRANCO MARQUES
Título: Dimensionamento de reforço mediante retroanálise de avaliações estruturais não-destrutivas

Orientador: Prof. Associado José Leomar Fernandes Júnior
Data da defesa: 23/08/02

Autor: CRISTIANE OLIVEIRA DE ALENCAR BARROS
Título: Revisão da correlação Mini-CBR/CBR para solos do município de São Carlos – SP

Orientador: Prof. Doutor Glauco Túlio Pessa Fabbri
Data da defesa: 15/04/03

Autor: MARTA PEREIRA DA LUZ
Título: Análise dos resultados do ensaio CBR realizado em condições variadas de umidade pós-compactação

Orientador: Prof. Associado Alexandre Benetti Parreira
Data da defesa: 29/05/03

Autor: FERNANDA CRISTINA BIROLI
Título: Comparação dos custos de pavimentos flexíveis e rígidos com base em conceitos de gerência de pavimentos

Orientador: Prof. Associado José Leomar Fernandes Júnior
Data da defesa: 14/07/03

Autor: CLAUDIA CRISTINA FERRO
Título: Efeito do teor e granulometria de borracha, do tempo e da temperatura de mistura e do tempo de armazenamento sobre propriedades do ligante asfalto-borracha

Orientador: Prof. Associado José Leomar Fernandes Júnior
Data da defesa: 23/01/04

Autor: CLÁUDIO LUIZ DUBEX NEVES FILHO
Título: Avaliação Laboratorial de misturas asfálticas SMA produzidas com ligante asfalto-borracha

Orientador: Prof. Associado José Leomar Fernandes Júnior
Data da defesa: 30/01/04

Autor: ROGÉRIO SILVEIRA BEZERRA NETO
Título: Análise comparativa de pavimentos dimensionados através dos métodos empírico do DNER e mecânico e proposta de um catálogo simplificado de pavimentos para a região de Campo Grande (MS)

Orientador: Prof. Associado Alexandre Benetti Parreira
Data da defesa: 19/02/04

Autor: ANDRÉ NALETO MUGAYAR
Título: Avaliação dos efeitos do tipo de asfalto e da distribuição granulométrica do agregado nas fluências estática e dinâmica de misturas asfálticas densas

Orientador: Prof. Doutor Glauco Túlio Pessa Fabbri
Data da defesa: 05/03/04

Autor: MARCOS BOTTENE CUNHA
Título: Avaliação do método Bailey de seleção granulométrica de agregados para misturas asfálticas

Orientador: Prof. Associado José Leomar Fernandes Junior
Data da defesa: 18/03/04

Autor: CARLOS ERNESTO CHÁVEZ MOLINA
Título: Estudo do comportamento mecânico de misturas de resíduo da fabricação de papel e solo para utilização na construção rodoviária

Orientador: Prof. Associado Alexandre Benetti Parreira
Data da defesa: 25/06/04

Autor: PAULO CÉSAR LOPES LEMES
Título: Estudo do envelhecimento a curto prazo de misturas asfálticas densas com cimentos asfálticos modificados

Orientador: Prof. Associado Manoel Henrique Alba Sória
Data da defesa: 29/10/04

Autor: FÁBIO ZANCHETTA
Título: Aquisição de dados sobre a condição dos pavimentos visando a implementação de sistemas de gerência de pavimentos urbanos
Orientador: Prof. Associado José Leomar Fernandes Júnior
Data da defesa: 06/01/05

Autor: FREDERICO DE CARVALHO KLEIN
Título: Análise da influência de características geométricas de rodovias nos custos dos usuários utilizando o programa HDM-4
Orientador: Prof. Associado José Leomar Fernandes Júnior
Data da defesa: 28/03/05

Autor: CAIO RUBENS GONÇALVES SANTOS
Título: Avaliação das influências do tipo de ligante e do volume de vazios na vida de fadiga de algumas misturas asfálticas
Orientador: Prof. Doutor Glauco Túlio Pessa Fabbri
Data da defesa: 29/04/05

Autor: DEISE MENEZES NASCIMENTO
Título: Análise comparativa de modelos de previsão de desempenho de pavimentos flexíveis
Orientador: Prof. Doutor Glauco Túlio Pessa Fabbri
Data da defesa: 01/06/05

Autor: EDUARDO TEREZI STUCHI
Título: Interferências de obras de serviço de água e esgoto sobre o desempenho de pavimentos urbanos
Orientador: Prof. Associado José Leomar Fernandes Júnior
Data da defesa: 01/09/05

Autor: SHIRLEY MINNELL FERREIRA DE OLIVEIRA
Título: Estudo do comportamento mecânico de misturas de fosfogesso e cal para utilização na construção rodoviária
Orientador: Prof. Associado Alexandre Benetti Parreira
Data da defesa: 03/10/05

Autor: RODRIGO PIRES LEANDRO
Título: Estudo laboratorial acerca da possibilidade de aproveitamento da cinza pesada de termelétrica em bases e sub-bases de pavimentos flexíveis
Orientador: Prof. Doutor Glauco Túlio Pessa Fabbri
Data da defesa: 17/10/05

Autor: ANDRÉA DE OLIVEIRA BONINI
Título: Proposta de um método de ensaio para determinação do volume de azul de metileno adsorvido pela fração fina de solos tropicais
Orientador: Prof. Doutor Glauco Túlio Pessa Fabbri
Data da defesa: 25/11/05

Autor: ELIANA FERNANDES DOS SANTOS
Título: Estudo comparativo de diferentes sistemas de classificações geotécnicas aplicadas aos solos tropicais
Orientador: Prof. Associado Alexandre Benetti Parreira
Data da defesa: 19/06/06

Autor: ALEXANDRE ARTIOLI DE CAMARGO GODOI
Título: Desempenho de equipamentos de drenagem urbana
Orientador: Prof. Titular José Bernardes Felex
Data da defesa: 22/06/06

Autor: ROGÉRIO LEMOS RIBEIRO
Título: Qualidade de viagens e manutenção de equipamentos de drenagem de rodovias na região de Araraquara, Estado de São Paulo, Brasil
Orientador: Prof. Titular José Bernardes Felex
Data da defesa: 22/06/06

Relação das teses de doutorado

Autor: DOUGLAS FADUL VILLIBOR
Título: Pavimentos econômicos. novas considerações
Orientador: Prof. Dr. Araken Silveira
Data da defesa: 30/10/81

Autor: JOSÉ EDUARDO RODRIGUES
Título: Estudo de fenômenos erosivos acelerados- boçorocas
Orientador: Prof. Dr. Nilson Gandolfi
Data da defesa: 22/09/82

Autor: LUIZ ANTONIO SERAPHIM
Título: Aplicação do geotextil na drenagem vertical de campos gramados. critérios de dimensionamento
Orientador: Prof. Dr. Thales de Lorena Peixoto Júnior
Data da defesa: 26/11/82

Autor: CONSUELO ALVES DA FROTA
Título: Estudo experimental do processo de erosão interna em solos coesivos
Orientador: Prof. Dr. João Baptista Nogueira
Data da defesa: 29/03/85

Autor: MANOEL HENRIQUE ALBA SÓRIA
Título: Reflexões lógicas sobre classificação de solos
Orientador: Prof. Dr. Araken Silveira
Data da defesa: 17/05/85

Autor: MARCOS VINÍCIOS COSTA AGNESINI
Título: Sistema construtivo com elementos pré-fabricados de argamassa armada: uma alternativa para a execução de pontilhões rodoviários em zonas urbanas e estradas vicinais
Orientador: Prof. Dr. Thales de Lorena Peixoto Jr.
Data da defesa: 16/03/89

Autor: FERNANDO CUSTÓDIO CORRÊA
Título: Tópicos sobre a contribuição à estabilização do latossolo roxo
Orientador: Prof. Dr. José Bernardes Felex
Data da defesa: 18/09/89

Autor: LUIZ ROBERTO CAVICCHIA
Título: Método indireto para determinação da pressão de pré-adensamento de argilas amolgadas através do Ensaio de Palheta
Orientador: Prof. Dr. Araken Silveira
Data da defesa: 07/03/91

Autor: MARCOS ANTONIO GARCIA FERREIRA
Título: Características físicas de solos tropicais e comportamento nos pavimentos
Orientador: Prof. Dr. José Bernardes Felex
Data da defesa: 22/03/93

Autor: ERNESTO FERREIRA NOBRE JUNIOR
Título: Estudo experimental de resistência à tração de solos lateríticos compactados
Orientador: Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória
Data da defesa: 20/09/93

Autor: PEDRO CHAVES CALDEIRA
Título: O uso de solo laterítico e escória de alto-forno atizada em edificações e obras viárias
Orientador: Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória
Data da defesa: 24/02/94

Autor: GLAUCO TULIO PESSA FABBRI
Título: Caracterização da fração fina de solos tropicais através da adsorção de azul de metileno

Orientador: Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória
Data da defesa: 13/04/94

Autor: JOSÉ LEOMAR FERNANDES JUNIOR
Título: Investigação dos efeitos das solicitações do tráfego sobre o desempenho de Pavimentos
Orientador: Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória
Data da defesa: 26/01/95

Autor: ALFREDO LUIZ MENDES D'AVILA
Título: Sistema de gerência de estradas municipais do estado do Rio Grande do Sul
Orientador: Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória
Data da defesa: 17/05/96

Autor: SEGUNDO CARLOS LOPES
Título: GPS e o perfil vertical de rodovias
Orientador: Prof. Dr. José Bernardes Felex
Data da defesa: 30/08/96

Autor: VLADIMIR COELHO
Título: Contribuição ao estudo das deformações permanentes, nas condições do Brasil, em camadas de concreto asfáltico de pavimentação
Orientador: Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória
Data da defesa: 31/10/96

Autor: JOSÉ REMO FERREIRA BREGA
Título: A utilização de redes neurais artificiais em um sistema de gerência de pavimentos
Orientador: Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória
Data da defesa: 17/02/97

Autor: CARLOS ALEXANDRE BRAZ DE CARVALHO
Título: Estudo da contribuição das deformações permanentes das camadas de solo na formação das trilhas-de-roda num pavimento flexível
Orientador: Prof. Assoc. Manoel Henrique Alba Sória
Data da defesa: 18/12/97

Autor: ELIANE VIVIANI
Título: A utilização de um sistema de informação geográfica como auxílio à gerência de manutenção de estradas rurais não pavimentadas
Orientador: Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória
Data da defesa: 08/05/98

Autor: JOHN KENNEDY GUEDES RODRIGUES

Título: Pressiômetros, tensões e deformações em sub-bases de pavimentos flexíveis

Orientador: Prof. Titular José Bernardes Felex

Data da defesa: 08/07/98

Autor: JAIRO SALIM PINHEIRO DE LIMA

Título: Avaliação de pavimentos revestidos com tijolos

Orientador: Prof. Titular José Bernardes Felex

Data da defesa: 28/09/98

Autor: ATTUS PEREIRA MOREIRA

Título: Métodos de cálculo de coordenadas tridimensionais para o controle de obras de engenharia

Orientador: Prof. Dr. Irineu da Silva

Data da defesa: 09/12/98

Autor: GLAUCO PONTES FILHO

Título: Séries temporais e estudos sobre comportamento de pavimentos

Orientador: Prof. Titular José Bernardes Felex

Data da defesa: 03/05/99

Autor: SANDRA ODA

Título: Análise da viabilidade técnica da utilização do ligante asfalto-borracha em obras de pavimentação

Orientador: Prof. Doutor José Leomar Fernandes Júnior

Data da defesa: 08/12/00

Autor: LUCILENE ANTUNES CORREIA MARQUES DE SÁ

Título: Modelagem de dados espaciais para Sistemas de Informações Geográficas – Pesquisa na emergência médica

Orientador: Prof. Doutor Irineu da Silva

Data da defesa: 22/03/01

Autor: SANDRA FABIANA RODGHER

Título: Aplicações de redes neurais artificiais para previsão de propriedades dos solos tropicais

Orientador: Prof. Doutor Glauco Túlio Pessa Fabbri

Data da defesa: 27/05/02

Autor: SUELLY HELENA DE ARAÚJO BARROSO

Título: Estudo dos solos da região metropolitana de Fortaleza para aplicação na engenharia rodoviária

Orientador: Prof. Doutor Glauco Túlio Pessa Fabbri

Data da defesa: 20/08/02

Autor: SANDRA APARECIDA MARGARIDO BERTOLLO

Título: Avaliação laboratorial de misturas asfálticas densas modificadas com borracha reciclada de pneus

Orientador: Prof. Associado José Leomar Fernandes Júnior

Data da defesa: 23/08/02

Autor: JOSÉ KIYNHA YSHIBA

Título: Modelos de desempenho de pavimentos: Estudo de rodovias do estado do Paraná

Orientador: Prof. Associado José Leomar Fernandes Júnior

Data da defesa: 04/04/03

Autor: JISELA APARECIDA SANTANNA GRECO

Título: Análise da influência de alguns fatores nas propriedades mecânicas de misturas asfálticas densas, à luz da técnica de planejamento e análise de experimentos fatoriais fracionários assimétricos

Orientador: Prof. Doutor Glauco Túlio Pessa Fabbri

Data da defesa: 27/05/04

Autor: BENEDITO COUTINHO NETO

Título: Avaliação do reaproveitamento de areia de fundição como agregado em misturas asfálticas densas

Orientador: Prof. Doutor Glauco Túlio Pessa Fabbri

Data da defesa: 16/12/04

Autor: MÁRIO JOSÉ GARRIDO DE OLIVEIRA

Título: Para orientar a manutenção de vias não pavimentadas

Orientador: Prof. Titular José Bernardes Felex

Data da defesa: 12/12/05

Autor: MARCELO DE CASTRO TAKEDA

Título: A influência da variação da umidade pós-compacção no comportamento mecânico de solos de rodovias do interior paulista

Orientador: Prof. Associado Alexandre Benetti Parreira

Data da defesa: 22/05/06

Autor: ANA PAULA FURLAN

Título: Considerações acerca da adesão e da suscetibilidade à umidade de misturas asfálticas densas à luz de algumas propriedades mecânicas

Orientador: Prof. Doutor Glauco Túlio Pessa Fabbri

Data da defesa: 04/09/06

Aeroportos no Brasil

A importância do Plano Diretor

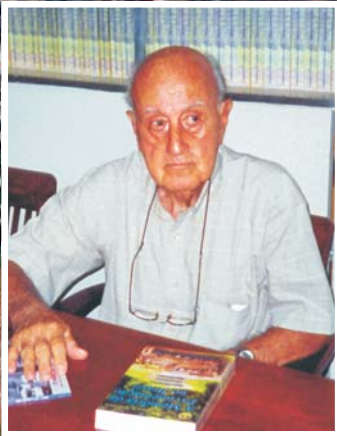


FOTO: CAROLINA TUBARO NETEPO

Atahualpa Schmitz da Silva Prego
Colaborou: **Silvio Rodrigues Filho**

FOTO: WAGNER ANTÔNIO SOARES

O Planejamento Aeroportuário é um assunto que, apesar de nem sempre ser exposto na forma escrita e completa, está sempre precedendo qualquer projeto, mesmo de maneira preliminar quando “procura compatibilizar a construção e o evento viagem” com os recursos financeiros disponíveis.

As diferentes tarefas que viabilizam a vida familiar, o desenvolvimento ordenado das grandes organizações comerciais, industriais e de serviços e os mais diferentes níveis de Governo Federal, Estadual e Municipal, necessitam do planejamento, o qual enfeixa a política estratégica de condução das atividades fim.

O baixo custo, aliado a pouco visível importância do planejamento, atividade de presença pouco percebida no cenário político, faz com que seja, vez por outra, relegado a segundo plano. Mas se por um lado é pouco notado pela sociedade, por outro, torna-se um instrumento imprescindível ao desenvolvimento de qualquer sistema ou equipamento de alto custo.

Em linhas gerais, um aeroporto, como equipamento urbano necessário, ocupa grandes extensões de terra – por vezes aparentemente ociosas –, tem um compromisso

maior com o planejamento, justamente porque o uso de sua área patrimonial deve ser preservado.

Este fato é tanto mais relevante, se for levada em consideração a dificuldade de serem encontradas hoje, mesmo nas cidades de médio porte, grandes extensões de terra que permitam a implantação de novos aeroportos, situadas a uma distância aceitável do centro gerador de demanda, de modo a não degenerar a característica principal do transporte aéreo – o tempo de viagem.

O transporte aéreo teve o seu primeiro avanço com a introdução do avião de rodas. Anteriormente, as aeronaves de maior porte, para a época, eram os hidroaviões que só podiam operar em cidades que dispunham de superfícies adequadas de água doce ou salgada para as operações de pouso e decolagem. No Brasil, várias empresas nacionais e estrangeiras ofertaram transporte aéreo regular, ligando várias cidades com este tipo de avião.

O segundo avanço ocorreu após a II Grande Guerra, com o aproveitamento da tecnologia aeronáutica desenvolvida durante o conflito.

Desenvolveu-se então o ciclo de evolução do porte de aeronaves de roda e motor a pistão, com a finalidade

de aumentar a relação “potência desenvolvida por unidade de peso transportada” e, conseqüentemente, diminuir os preços das viagens e aumentar a demanda por transporte aéreo.

A partir deste ponto, a infra-estrutura aeroportuária, conhecida nos seus primórdios como “Campo de Aviação”, procurou acompanhar as exigências operacionais das novas aeronaves, principalmente no tocante ao comprimento e capacidade de suporte das pistas de pouso. O resultado foi a necessidade de áreas para novos aeroportos e a ampliação dos existentes.

Da mesma forma, o aumento da capacidade de assentos das aeronaves induziu a construção ou ampliação de Terminais de Passageiros.

No Brasil, a introdução de aeronaves DC-3 (versão militar C-47), adquiridas em grande quantidade como excedentes de guerra, propiciou o desenvolvimento de uma imensa rede de aeroportos, na sua maioria dotados de pistas de terra e, muitas delas, só utilizáveis em algumas épocas do ano.

As principais pistas de pouso, com estrutura de pavimento em concreto cimento (mais de 10), foram implantadas durante a II Guerra.

Não houve aqui, nem na maior parte do mundo, uma preocupação institucional de planejamento dos aeroportos



FOTO: PAULO FERNANDO SEBASTIAO

blemas com aeroportos começaram com o fim da “era dos DC-3”. Entretanto, a entrada de novas aeronaves era lenta e setORIZADA, a ponto de não exigir grandes investimentos de readaptação. Por outro lado, os aeroportos internacionais tiveram que acompanhar o aparecimento de quadrimotores cada vez maiores. Este ciclo culminou com as aeronaves Constellation e Douglas DC-7, que já estavam exigindo pistas de até 3.000m para decolagem, ao nível do mar. Essas aeronaves tinham capacidade para 70/80 passageiros e, se a tendência continuasse na mesma escala, as de hoje que têm 300 assentos precisariam de 7.000 a 8.000m para decolarem, nas mesmas condições operacionais.

Nessa fase, surgiram as aeronaves propulsionadas pelos motores de nova tecnologia, chamados turboélice. O Viscount, o Avro, o YS-II e outros foram os principais representantes do nosso sistema aeroportuário, operando preponderantemente nos aeroportos das capitais e cidades maiores. No interior, ainda era o DC-3 que resistia.

Nessa altura, no início de 1950, já se sentia uma crescente preocupação com a infra-estrutura aeroportuária, em termos de pavimentos, pátios e terminais de passageiros, em face da crescente demanda. Essas preocupações eram resolvidas com uma adaptação ou ampliação de componentes de alguns aeroportos, sem maiores compromissos com o futuro.

Quase que ao mesmo tempo foram introduzidas no Brasil duas novas aeronaves que modificaram as perspectivas do transporte aéreo. De um lado surgiu o maior turboélice quadrimotor que já tinha operado aqui, o Electra com até 89 assentos. Suplantava em oferta de assentos os Constellations e os DC-8. Entretanto, não possuía autonomia suficiente para vôos de maior alcance, ainda que te-



FOTO: BRENDA L COSTA

que foram surgindo. Assim, a reserva e a desapropriação de grandes áreas destinadas a aviação, em maior número, foram efetivadas por razões militares, sendo que alguns sítios permitem até a implantação de mais de uma pista de pouso, como é o caso dos aeroportos de Natal, Belém, Curitiba, Vitória, Brasília e outras cidades. Os pro-

nha sido empregado em ligações internacionais de etapas médias na América do Sul, por uma companhia brasileira.

A outra aeronave é, sem dúvida, um marco na história do transporte aéreo no mundo. Trata-se do Boeing-707 equipado com quatro turbinas a jato, capacidade de até 140 assentos – era o que se tinha de maior e melhor,



com praticamente as mesmas exigências em termos de comprimento de pistas de decolagem – por volta de 1954. Desse tempo até os nossos dias, a nova tecnologia orientou-se sempre no sentido de construir aeronaves com maior capacidade de assentos sem exigir pistas mais longas e mais resistentes.

A entrada do Electra e do B-707 apressou o abandono de um grande número de aeroportos no interior. Primeiro, porque essas aeronaves eram muito mais rentáveis do que as aeronaves de menor porte e porque o custo operacional do DC-3 tornava-se extremamente caro para ser mantido. O número de cidades atendidas pelo transporte aéreo regular, devido à entrada dessas aeronaves, atingiu valores da ordem 1/5 a 1/6 do máximo ocorrido nos anos 50. As empresas passaram a adquirir aeronaves turboélices, jatos de porte médio, jatos e turbo-jatos de grande portes.

De 1960 a 1970, a frota brasileira de transporte aéreo regular sofreu grandes transformações e a infraestrutura aeroportuária foi pega de surpresa. Comprimentos de pistas, pátios de manobras, curvas de *taxi-ways*, suportes de pavimentos, áreas de proteção, terminais de passageiros, serviços de rampa, apoios de solo, serviços de

proteção contra incêndio, enfim, tudo devia ser implantado ou atualizado na maioria dos aeroportos brasileiros. Somente nesses momentos, em que uma atividade é bloqueada, é que se nota a necessidade de um planejamento elaborado de cinco ou 10 anos.

Pode-se assim afirmar que, não fosse a infra-estrutura militar disponível logo depois da II Guerra, o Brasil não teria o papel que hoje tem no transporte aéreo da América do Sul e, possivelmente, não poderia desenvolver-se tem feito.

Sabe-se que nos Estados Unidos os grandes aeroportos SI tiveram reservadas grandes extensões de terra para seu desenvolvimento. Entretanto, essas providências partiram de instituições estaduais ou municipais isoladas. Muitos aeroportos naquele país também acompanharam o desenvolvimento tecnológico das aeronaves, a ponto de o Governo Federal, por ato do Senado, votar em 1970, verbas para o desenvolvimento de aeroportos mediante apresentação de justificativa, planejamento completo para cada caso. Esse planejamento não deveria: mostrar as necessidades do momento presente, mas também lançar as projeções das necessidades, em horizontes futuros. Essa ação governamental tem sido conduzida pela FAA – *Federal Aviation Administration* – e, até hoje, é cumprida através de regulamentação apropriada.

No Brasil, a institucionalização do planejamento foi feita a partir de 1976, através do primeiro PDSAC – Plano de Desenvolvimento do Sistema de Aviação Civil e dos Planos Diretores de Aeroportos elaborados posteriormente.

Hoje, nem todos os aeroportos possuem Plano Diretor atualizado nem todas as ampliações e modificações em aeroportos seguiram as recomendações de seus Planos Diretores.

O Plano Diretor é um instrumento que, além de orientar o desenvolvimento ordenado do aeroporto, é a radiografia que pode auxiliar nos diagnósticos de problemas emergentes na operação deste. Como tudo, o Plano Diretor também envelhece e necessita de atualizações periódicas para corrigir, atualizar e reorientar o desenvolvimento do aeroporto. Esse procedimento é tanto mais necessário quando ocorrem transformações significativas na evolução tecnológica nas frotas de aeronaves, proliferação de novos tipos de serviços como o *charter*, por exemplo, na introdução e na modificação de concessões, enfim, todos os tipos de mudanças que venham alterar a demanda por transporte aéreo e a capacidade da oferta desse transporte.



Associação Brasileira de Pavimentação

A Memória da Pavimentação no Brasil

Fatos Históricos

Recordações

Depoimentos

Atahualpa Schmitz da Silva Prego

Boas idéias e bons
Momentos esperam
por você.



RPU

Reunião de
Pavimentação
urbana

Setembro de 2007
Ribeirão Preto - SP

Maiores informações:

www.rpu.org.br

Rodovia BR-7 / Belo Horizonte-Brasília

