

REVISTA

ABRV

Associação Brasileira de Pavimentação



# PAVIMENTAÇÃO

Ano II - Nº 8 - Dezembro de 2007 - www.abpv.org.br - ISSN 1809-1865



## LÍQUIDO INFLAMÁVEL

**Transportando carga perigosa**  
**O desafio da segurança nas estradas**

# 15<sup>a</sup> RPU

Reunião de Pavimentação Urbana

28 a 30 de maio de 2008  
**Salvador - BA**

Patrocínio Oficial



**PETROBRAS**



## Local

O evento será realizado no Hotel Pestana, localizado no ponto logístico de redes hoteleiras e pontos turísticos da Cidade de Salvador. O espaço de convenções oferece condições técnicas e conforto necessários para um evento do porte pretendido.

Maiores informações

[www.rpu.org.br](http://www.rpu.org.br)

**REVISTA PAVIMENTAÇÃO**  
ANO II – Nº 08 – DEZEMBRO DE 2007  
ISSN 1809-1865



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<sup>ta</sup> 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: **ENGº EDUARDO ALBERTO RICCI**

Vice-Presidente: **ENGº JORGE PAULO MORO**

Diretor Administrativo: **ENGª LAURA Mª GORETTI DA MOTTA**

Diretor Técnico: **CEL ENGº PAULO ROBERTO DIAS MORALES**

Diretor Financeiro: **ENGº SILVIO RODRIGUES FILHO**

Diretor de Divulgação: **ENGº RONALDO VIZZONI**

Assessora de Diretoria: **Arq<sup>ta</sup> GEORGINA LIBÓRIO AZEVEDO**

**COMITÊ TÉCNICO-CIENTÍFICO**

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

Editoração Eletrônica: MURO Produções Gráficas

Revisão: Ellis Pinheiro

Impressão: RONA Editora Ltda

Tiragem: 5.000 exemplares – Periodicidade: Trimestral



**Nossa capa:**

Na foto de Georgina Libório Azevedo, o desafio de transportar carga perigosa seguindo as normas de segurança.

# Sumário

**2** Editorial

**3** Seção de notas

**REPORTAGEM**

**5** Transporte de carga perigosa

As técnicas de segurança

O que diz a legislação

A responsabilidade civil

**ARTIGOS TÉCNICOS**

**9** Construção de pavimento de rodovia sobre areia de restinga – Observações sobre o comportamento ao longo de 40 anos

*Haroldo Stewart Dantas*

**15** Uma proposta de dimensionamento de pavimentos para tráfego de caminhões fora-de-estrada

*Rafael Magno Ferreira, Gilberto Fernandes e Romero César Gomes*

**26** Reflexão sobre a ética em trabalhos de pesquisa

*Protasio Ferreira e Castro*

*e Jacqueline de Cassia Pinheiro Lima*

**34** Avaliação das propriedades plásticas de misturas asfálticas com incorporação de borracha de pneus através dos processos úmido e seco

*Luciano P. Specht, Jorge A. P. Ceratti, Lélío A. T. Brito e Liedi L. B. Bernucci*

**44** Fatos históricos  
Escola de Engenharia da UFF

**46** Normas Básicas para submissão de artigos e contribuições técnicas

# Editorial

A Revista PAVIMENTAÇÃO segue na esteira do tema “segurança nas rodovias”. Na edição passada, cuidou-se de trazer à discussão os efeitos psicológicos que surgem nas vítimas de acidentes nas rodovias. Naturalmente, um tema delicado para esta publicação editorial, tendo em vista a área diversa do saber a que o tema pertence. No entanto, a colaboração da psicologia se dá para todas as áreas profissionais, e, através de um discurso claro e objetivo, acreditamos ter apresentado ao leitor uma abordagem interessante sobre o tema.

Nesta edição, a reportagem de capa trata da segurança direcionada ao transporte de cargas perigosas nas rodovias brasileiras. É um tema que ganha contornos especiais, uma vez que a dimensão do risco está diretamente associada à periculosidade da carga transportada. Os riscos afetam diretamente as pessoas, a segurança pública e o meio ambiente. Portanto, se faz necessária a observância da lei pertinente para este tipo de transporte, bem como a consciência do transportador com relação à sua responsabilidade no cumprimento dessa tarefa. A reportagem apresenta um rol de dados técnicos sobre o tema.

O engenheiro Atahualpa Schmitz traz em sua coluna Fatos Históricos a memória da Escola Fluminense de Engenharia da UFF (Universidade Federal Fluminense), que foi pioneira no ensino da pavimentação no Brasil. O colunista, que lecionou a disciplina Estradas, narra a sua vivência na década de 1950 dos incipientes momentos do ensino dedicado à pavimentação no País.

Quatro artigos técnicos inéditos são apresentados nesta edição de final de ano, são eles: Construção de pavimento de rodovia sobre areia de restinga; Avaliação das propriedades plásticas de misturas asfálticas com incorporação de borracha de pneus através dos processos úmido e seco; Uma proposta de dimensionamento de pavimentos para tráfego de caminhões fora-de-estrada e Reflexão sobre a ética em trabalhos de pesquisa.

Encerramos mais um ano de trabalho da Revista PAVIMENTAÇÃO, dedicando esta edição a todos os engenheiros e arquitetos pela comemoração do dia 11 deste mês. Na próxima edição de março de 2008, a Revista entrará em seu terceiro ano. O esforço de toda equipe de produção, da diretoria da ABPv e a competência dos autores dos artigos aqui veiculados renderam à publicação o conceito B da CAPES. A Associação se sente orgulhosa por lograr tal conceito em apenas dois anos de existência da Revista.

Em 2008, queremos continuar com originalidade e a confiabilidade científica, pautada na clareza de todo o material divulgado, na conduta ética e na imparcialidade.

*Conselho Editorial*

# Seção de notas da Revista PAVIMENTAÇÃO

## XIV COBREAP é realizado em Salvador

A capital baiana sediou, entre os dias 5 e 9 de novembro, o XIV Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias (COBREAP). Trata-se do maior evento de engenharia de avaliações do Brasil.



O tema deste ano foi “A Técnica a Serviço do Mercado”, porém, o evento teve um caráter especial, por ser o congresso do cinquentenário do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE).

## Brasil sedia o II Congresso Mundial de Avaliações e Perícias

Além do Congresso Brasileiro de Avaliações e Perícias que foi realizado em Salvador, o Brasil foi sede no início deste mês da versão mundial do mesmo evento. Trata-se do II Congresso Mundial de Avaliações e Perícias.

Realizado em Brasília nos dias 3 a 5 de dezembro, o encontro foi feito em conjunto com a terceira edição do Congresso Mundial de Engenheiros, que é o maior evento da área tecnológica realizado no mundo, tendo as últimas edições ocorridas em Hannover, em 2000, e em Shangai, em 2004.

Os problemas sociais enfrentados pela humanidade foram o centro dos debates da III WEC. A pobreza, a fome, a proliferação de doenças, o analfabetismo e os conflitos civis que afetam e prejudicam o desenvolvimento do mundo.

Que papel a engenharia, a arquitetura e a agronomia poderiam exercer para minimizar o impacto provocado pela desigualdade? Que oportunidades o desen-

volvimento tecnológico e a inovação podem contribuir para a construção de um mundo social, cultural, política e economicamente justo?

Estas foram as principais questões debatidas no encontro, no afã de encontrar respostas de como todos do setor podem contribuir.

## Trinta anos de ABDER

A Associação Brasileira dos Departamentos de Estradas de Rodagem (ABDER) comemorou seus 30 anos de existência no ensejo da 36ª Reunião de Dirigentes de Órgãos Rodoviários Estaduais (Redore). A comemoração aconteceu com um jantar dançante, no dia 30 de novembro, no Yacht Clube da Bahia, em Salvador.

Diversas homenagens foram prestadas a personalidades que contribuíram para o fortalecimento da associação ao longo destas três décadas.



Diretor-Presidente da ABPv sendo homenageado

O diretor-presidente da ABPv, Eduardo Alberto Ricci, foi um dos homenageados durante o sodalício recebendo das mãos do Dr. Inácio Bento M. Jr., presidente da ABDER, e do Dr. Brasil Américo Louly Campos – CONFEA, uma placa comemorativa dos 30 anos da associação.

## O destaque dos cursos da ABPv

No segundo semestre deste ano, a ABPv promoveu o Curso de Controle em Obras Rodoviárias, ministrado pelo engenheiro do DNIT Paulo Sérgio Peterlini. Sucesso de público, o curso foi muito bem recebido pelos profissionais que se inscreveram, os quais destacaram a forma dinâmica e



Engenheiro Paulo Sérgio Peterlini – à esquerda de Luciana – e os alunos

FOTO: GEORGINALIBERIO AZEVEDO

didática do ensino. A coordenação dos cursos está a cargo da engenheira Luciana Nogueira de Castro.

Destaque também no ano de 2007, o Curso de Drenagem com Hidrologia Básica, ministrado pelo Eng<sup>o</sup> Marcos Jabor do DER/MG.

Para o ano de 2008, a ABPv programou uma série de cursos que visam atender à demanda por temas mais relevantes na atualidade. Os cursos terão início no mês de abril, sendo o primeiro deles o Curso Básico Intensivo de Pavimentação Urbana, cujo objetivo é capacitar engenheiros e arquitetos a conhecerem os materiais e técnicas empregados em serviços de pavimentação urbana no que diz respeito à fabricação, à utilização e ao controle. Também serão abordados aspectos teóricos e práticos de forma a orientar os profissionais na execução e no controle de obras.

Na segunda quinzena de abril, o destaque fica por conta do Curso de Materiais e Misturas Asfálticas, que visa aperfeiçoar o engenheiro para projetar, executar e

supervisionar os serviços de pavimentação asfáltica, guiados pelas especificações vigentes, além de proporcionar o conhecimento dos materiais empregados nesses serviços.

As informações completas podem ser obtidas no site da ABPv [www.abpv.org.br](http://www.abpv.org.br).

## ABEDA promove jantar de confraternização

A Associação Brasileira de Empresas Distribuidoras de Asfaltos (ABEDA) ofereceu um jantar de confraternização no dia 22 de novembro, no Rio de Janeiro. A data é a mesma em que se comemora o Dia de Ação de Graças, o que fez do evento um momento de interação dos profissionais do setor.



Na foto, Marcus, Georgina, Eder Vianna Presidente da ABEDA, Leni e Agenor

## Contracapa

Na edição anterior, a contracapa da Revista trouxe a memorável foto de ilustres engenheiros Mario Kabalem Restom, Múcio Gontijo, Altamiro Veríssimo entre outros ao lado de uma máquina IH – International Harvester Modelo TD-25, de 1954, em Araguari, na Rodovia Belém–Brasília.





# Transporte de carga perigosa

**As técnicas de segurança  
O que diz a legislação  
A responsabilidade civil**

Reportagem | Jean Pierre M. Santiago

FOTO: IGOR ALECSANDER

Os acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos adquirem uma importância especial, uma vez que a intensidade de risco está associada à periculosidade do produto transportado. Considera-se produto perigoso aquele que representa risco para as pessoas, para a segurança pública ou para o meio ambiente, ou seja, produtos inflamáveis, explosivos, corrosivos, tóxicos, radioativos e outros produtos químicos que, embora não apresentem risco iminente, podem, em caso de acidentes, ser uma grave ameaça à população e ao meio ambiente.

O transporte deste tipo de produto ocorre predominantemente pelas rodovias do país, mas também são utilizados os transportes ferroviários e hidroviários (em menor escala). Somente no Estado de São Paulo, circulam pelas rodovias mais de 3 mil produtos perigosos (líquidos inflamáveis, corrosivos, explosivos, gases e materiais radioativos).

Os acidentes no transporte desses produtos podem ter consequências catastróficas, sobretudo diante da pro-

ximidade de cidades e de populações lindeiras às principais rodovias. Além das perdas humanas de valor social incalculável, os custos decorrentes da contaminação ambiental atingem cifras muito elevadas.

Os acidentes com cargas perigosas também podem ocorrer no transporte por dutos (oleoduto, gasoduto etc.) e em instalações fixas, como portos, depósitos, indústrias produtoras e consumidoras, refinarias de petróleo, pólos petroquímicos, depósitos de resíduos e rejeitos, no consumo, uso ou manuseio dos produtos.

O sistema rodoviário concentra 63% do volume de cargas transportadas no Brasil, percentagem que tende a crescer ainda mais se considerada a expansão do comércio entre os países. No entanto, as condições de infraestrutura das nossas rodovias e da frota de veículos transportadores de cargas concorrem substancialmente para o aumento do número de acidentes.

Documento divulgado pelo Centro de Estudos em Logística (CEL) do Instituto de Administração da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) revela que a frota

brasileira de caminhões apresenta idade média de 18 anos e manutenção precária. Atualmente, mais de 1,8 milhão de veículos pesados rodam por estradas e áreas urbanas, transportando cargas perigosas eventualmente sem segurança, provocando acidentes ambientais que, não raro, colocam em risco a saúde da população.

Aumentar a segurança nas estradas e diminuir o risco de acidentes envolvendo cargas tóxicas deve ser o objetivo das autoridades que lidam com transporte de produtos perigosos. A maioria dos produtos enquadrados como perigosos são insumos necessários às atividades industriais, agrícolas, mineradoras etc. Todos necessitam de cuidados especiais para o transporte, seja ele rodoviário, ferroviário, aéreo, marítimo, fluvial ou lacustre.

A fiscalização do transporte rodoviário de produtos perigosos, em todo o país, é feita pela Polícia Rodoviária Federal, nos postos localizados nas rodovias federais, e pelas Polícias Rodoviárias Estaduais, nos postos das rodovias estaduais. O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), por meio dos órgãos integrantes da Rede Nacional de Metrologia Legal (IPEM – Instituto de Pesos e Medidas – Órgão Estadual) certifica dentro dos padrões de qualidade os equipamentos do transporte.

No Rio Grande do Sul, por exemplo, as atividades de fiscalização envolvem as Polícias Rodoviárias Federal e Estadual, a Defesa Civil, o Corpo de Bombeiros, o INMETRO, a Secretaria da Saúde, o CREA-RS e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM, que é o órgão responsável pelo licenciamento das empresas de transporte de cargas perigosas e pelo atendimento aos acidentes com cargas perigosas.

## **Classificação dos produtos perigosos transportados nas rodovias**

Entre as informações coletadas pelo policiamento rodoviário na ocorrência de um acidente envolvendo um veículo que transporta produtos perigosos, consta a especificação do produto por intermédio do código de identificação.

A informação sobre os produtos tem caráter prioritário para o atendimento, no caso de um acidente. As consequências dos acidentes no transporte desses materiais podem assumir dimensões catastróficas quanto ao núme-

ro de vítimas, aos danos causados ao meio ambiente e aos elevados custos direta e indiretamente envolvidos.

Além da documentação exigida por lei – que inclui a comprovação do treinamento do motorista, a ficha de emergência do produto e o manual de emergências –, a legislação brasileira determina que a unidade de transporte deve identificar o produto transportado pelos painéis de segurança e rótulos de risco, segundo os padrões previstos de tamanho, cor e local de fixação no veículo.

A classificação adotada para os produtos considerados perigosos, considerando o tipo de risco que apresentam e conforme as Recomendações para o Transporte de Produtos Perigosos das Nações Unidas, é composta das seguintes classes definidas abaixo:

### **Classe 1 – EXPLOSIVOS**

- Subclasse 1.1** – Substâncias e artefatos com risco de explosão em massa;
- Subclasse 1.2** – Substâncias e artefatos com risco de projeção;
- Subclasse 1.3** – Substâncias e artefatos com risco predominante de fogo;
- Subclasse 1.4** – Substâncias e artefatos que não apresentam risco significativo;
- Subclasse 1.5** – Substâncias pouco sensíveis.

### **Classe 2 – GASES COMPRIMIDOS, LIQUEFEITOS, DISSOLVIDOS SOB PRESSÃO OU ALTAMENTE REFRIGERADOS**

- Subclasse 2.1** – Gases inflamáveis;
- Subclasse 2.2** – Gases não-inflamáveis, não-tóxicos;
- Subclasse 2.3** – Gases tóxicos.

### **Classe 3 – LÍQUIDOS INFLAMÁVEIS**

### **Classe 4 – Esta classe se subdivide em:**

- Subclasse 4.1** – Sólidos inflamáveis;
- Subclasse 4.2** – Substâncias sujeitas a combustão espontânea;
- Subclasse 4.3** – Substâncias que, em contato com a água, emitem gases inflamáveis.

## Classe 5 – Esta classe se subdivide em:

**Subclasse 5.1** – Substâncias Oxidantes;

**Subclasse 5.2** – Peróxidos Orgânicos.

## Classe 6 – Esta classe se subdivide em:

**Subclasse 6.1** – Substâncias Tóxicas (venenosas);

**Subclasse 6.2** – Substâncias Infectantes.

## Classe 7 – SUBSTÂNCIAS RADIOATIVAS

## Classe 8 – CORROSIVOS

## Classe 9 – SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS DIVERSAS

Os produtos das Classes 3, 4, 5 e 8 e da Subclasse 6.1 classificam-se, para fins de embalagem, segundo três grupos, conforme o nível de risco que apresentam:

- Grupo de Embalagem I – alto risco;
- Grupo de Embalagem II – risco médio; e
- Grupo de Embalagem III – baixo risco.

Os Códigos de Risco são aqueles que indicam o tipo e a intensidade do risco, são formados por dois ou três algarismos (números de risco – 0 / 2 a 9/ X). A importância do risco é registrada da esquerda para a direita. A Tabela 1 mostra alguns exemplos dos significados códigos de risco.

**Tabela 1**

Código	Significado	Código	Significado
33	Líquido muito inflamável	72	Gás radioativo
60	Substância tóxica ou nociva	83	Substância corrosiva, inflamável

Quando o risco associado a uma substância puder ser adequadamente indicado por um único número, este será seguido por zero (0). A repetição de um número indica, em geral, aumento da intensidade daquele risco específico.

Os Painéis de Segurança são placas retangulares (dimensões: 30cm de altura x 40cm de comprimento), na cor laranja nas quais são alocados os números de risco (no máximo, quatro campos na cor preta) na parte superior e o número da ONU (Organização das Nações Unidas) na parte inferior com quatro algarismos na cor preta. A letra "X", presente em alguns painéis antes dos alga-

<b>X 338</b>	<b>X</b> = reage perigosamente com água; <b>33</b> = Líquido muito inflamável
<b>1242</b>	<b>8</b> = corrosivo; <b>1242</b> = Número da ONU do METILDICLOROSSILANO
<b>33</b>	<b>33</b> = Líquido muito inflamável
<b>1203</b>	<b>1203</b> = Número da ONU da GASOLINA
<b>80</b>	<b>8</b> = corrosivo; <b>0</b> = não é necessário outro número de risco
<b>2582</b>	<b>2582</b> = Número da ONU do CLORETO FÉRRICO, Solução

rismos, significa que a substância reage perigosamente com água. Os exemplos acima facilitam o entendimento.

## Os riscos para as populações lindeiras e para o meio ambiente

Os riscos de acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos adquirem importância vital para as populações lindeiras. Considerando que muitas aglomerações se desenvolveram às margens das estradas e, de certa forma, tiveram seu crescimento demográfico influenciado pelo movimento do tráfego nas rodovias, é muito significativo o risco dos acidentes para as populações próximas ou que dependem dos rios atravessados pela estrada. Ou, ainda, em cidades cortadas pela rodovia,

a ocorrência de acidentes envolvendo o transporte de produtos perigosos pode ter consequências calamitosas para a população local.

O Engenheiro Mirandir Dias da Silva, (foto ao lado), do IPR/DNIT, acredita que, com uma conscientização do usuário e



das populações lindeiras às estradas, as probabilidades desses eventos ocorrerem poderão ser menores. Por isso, vem já alguns anos trabalhando na divulgação de informações sobre o transporte de produtos perigosos nas rodovias brasileiras.

Essa conscientização da população e a participação de todas as entidades governamentais ou privadas, com

seus pontos de apoio na rodovia, como postos de atendimento e serviços, balanças de pesagem etc. devem ser permanentemente identificados e atualizados.

Essas facilidades são geralmente localizadas por km da rodovia ou estaca da mesma e por pista, com vistas a uma proposição futura de articulação institucional conjunta, necessária para viabilização de atendimentos em situações e emergências envolvendo produtos perigosos.

Técnicos do Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR –, desde outubro, desenvolvem um estudo, nas Regiões Sul e Sudeste, de caracterização dos segmentos e pontos críticos de acidentes com o transporte de produtos perigosos nas rodovias federais sob jurisdição do DNIT. Esses estudos compreendem a atualização do Banco de Dados das rotas de produtos perigosos, base inicial da elaboração de Planos de Emergência para atendimento a acidentes envolvendo o transporte rodoviário de Produtos Perigosos.

O objetivo é disponibilizar, na Internet, informações sobre o tipo de produto perigoso que trafega nas principais rotas de escoamento dessas mercadorias.

De acordo com o supervisor do estudo, engenheiro Mirandir, quando se estuda um plano de contingenciamento, o objetivo é identificar na rodovia ou trecho rodoviário os problemas mais comuns e encontrar soluções para minimizar os danos ao meio ambiente causados por acidentes com cargas tóxicas ou que ofereçam risco para as populações que habitam as margens da rodovia.

“O importante é integrar os habitantes das localidades próximas à rodovia, num trabalho de conscientização,

orientando desde a não entrar em contato com produtos tóxicos até estratégias de evacuação da área em caso de acidentes mais graves”. Utilizando os meios disponíveis de comunicação e divulgação, esses objetivos serão alcançados, comentou.

O trabalho inclui, entre outros, a identificação de uma rede de atendimento ao longo da rodovia que engloba hospitais, defesa civil, bombeiro, Polícia Rodoviária Federal e Polícia Militar. Além disso, nas rodovias já existentes, um plano de emergência pode até sugerir a construção de áreas específicas para estacionamento de caminhões que transportam cargas perigosas.

No caso de regiões pioneiras, como a Amazônia, a implementação de pólos de desenvolvimento sustentável, com equipes multidisciplinares dos Ministérios envolvidos com o programa de desenvolvimento regional, são alternativas a serem pesquisadas. Esses locais deverão contar com o trabalho de técnicos, universitários, engenheiros, educadores, antropólogos e biólogos, responsáveis pela integração comunidade-rodovia.

Os estudos do IPR compreendem os sete estados das regiões Sul e Sudeste. “Essas regiões foram escolhidas por serem rota para os países do Cone Sul e por concentrarem a maior parte do tráfego de veículos com produtos que oferecem risco”. Esta é a primeira fase do projeto, que posteriormente abrangerá todo o país, explicou o engenheiro.

#### **Fontes consultadas**

1. Portal O Carreteiro [www.ocarreteiro.com.br](http://www.ocarreteiro.com.br)
2. Portal Produtos Perigosos [www.produtosperigosos.com.br](http://www.produtosperigosos.com.br)

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](mailto:redacao@revistapavimentacao.org.br) de acordo com as normas vigentes no sítio [www.revistapavimentacao.org.br](http://www.revistapavimentacao.org.br).

Os trabalhos são apresentados na íntegra, sendo de responsabilidade do autor toda a informação nele contida.

# Construção de pavimento de rodovia sobre areia de restinga – Observações sobre o comportamento ao longo de 40 anos

**Haroldo Stewart Dantas**

Engenheiro – DER/RJ

## 1. INTRODUÇÃO

Por ocasião da implantação da Avenida das Américas, no litoral da Barra da Tijuca, no Rio de Janeiro, em 1964, havia grande preocupação dos técnicos responsáveis pelo empreendimento. Essa decorria do desconhecimento das condições de densificação do subleito de areia de duna, sobre o qual estava sendo implantado o trecho rodoviário, bem como em relação ao comportamento futuro desse pavimento.

O trecho rodoviário em construção era parte integrante da BR-6 Rodovia Rio–Santos, obra delegada pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER-DNIT) ao Departamento de Estradas de Rodagem do Estado da Guanabara (DER-GB), atual DER-RJ.

A implantação e pavimentação do trecho foram executadas pela CAVO – Companhia Auxiliar de Viação e

Obras S/A e a fiscalização realizada pela 1ª Comissão Fiscalizadora de Obras (1ª CFO), do DER-GB, chefiada pelo engenheiro Carlos José da Costa Martin.

Nas fotos de 1 a 3, apresentadas adiante, mostram os engenheiros do DER-GB e da Construtora, a placa de

Foto 1 – Diretor da Cavo e os Engenheiros Haroldo Dantas, Roberto Moreira e Francisco Bezerra



obra delegada do DNER e a visita às obras do Governador do Estado da Guanabara.

Posteriormente, em face das modificações introduzidas no Plano Rodoviário Nacional, inclusive com a alteração da designação das rodovias federais, o traçado da



Foto 2 – Placa da obra delegada

Rodovia Rio–Santos, no Estado da Guanabara, passou a ser coincidente com a direção da Avenida Brasil, recebendo a sigla BR-101. Com isso, o trecho em execução na Barra da Tijuca passou para a jurisdição do Estado da Guanabara sob a designação de Avenida das Américas.

A construção do prolongamento da Avenida das Américas, nos subtrechos da subida da Grota Funda e da Baixada de Sepetiba, possibilitou a ligação da Zona Sul do Município ao bairro de Santa Cruz, passando a integrar a Asa Sul do Anel Rodoviário do Município do Rio de Janeiro.

A preocupação em relação ao comportamento do pavimento, executado sobre areia de duna, exigiu a realização de pesquisa sobre os procedimentos existentes

para a compactação das areias uniformes em laboratório. Concluiu-se sobre a inexistência de método aprovado oficialmente.

Os estudos objetivavam definir método seguro e confiável que possibilitasse obter o grau de compactação do subleito de areia e o seu comportamento sob a ação do tráfego ao longo do tempo. Definido o método, comentado no item 5 – Tentativa de Especificação para Controle e apresentado na referência 1 (DANTAS, 1965), idealizado na Divisão de Pesquisas Tecnológicas do DER, em Parada de Lucas, no Rio de Janeiro, procedemos ao controle de qualidade da execução das camadas do pa-



Foto 3 – Visita do governador Carlos Lacerda à obra

vimento com pleno sucesso, comprovado pelas observações sobre o comportamento do pavimento ao longo dos últimos 40 anos.

Cumprido comentar que o Prof. Antônio José da Costa Nunes, Diretor da Tecnosolo, ao tomar conhecimento da matéria, entrou em contato com o autor informando que havia recomendado a utilização do procedimento para controle de compactação de filtros de barragens.

Cumprido comentar que o Prof. Antônio José da Costa Nunes, Diretor da Tecnosolo, ao tomar conhecimento da matéria, entrou em contato com o autor informando que havia recomendado a utilização do procedimento para controle de compactação de filtros de barragens.

## 2 O PROJETO DO PAVIMENTO

O trecho em construção, com 20km de extensão, teve sua plataforma implantada em região plana, situada em área de restinga, sobre dunas de areia, com grade rolado, poucos cortes e aterros baixos.

No dimensionamento do pavimento foi utilizado o Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER, de autoria de Murillo Lopes de Souza.

Por ocasião da realização desses estudos, já se encontrava em andamento o subtrecho inicial entre a Ponte sobre o Canal de Marapendi, no Jardim Oceânico, e a interseção com a Av. Ayrton Senna, com extensão de 6km. Nesse segmento foi aplicada a solução de base de macadame hidráulico seco, com 20cm de espessura, sobre as camadas de reforço do subleito e da subbase, ambas com 20cm, após a compactação.

No trecho seguinte, com 14km de extensão, entre a interseção com a Av. Ayrton Senna (antiga Via 11) e a Ponte sobre o Canal de Sernambetiba, foi adotado o valor estimado para o Índice Suporte Califórnia-ISC igual a 7, devido à dificuldade de realização do ensaio com areia uniforme e incoerente, e para o tráfego adotou-se o valor de N igual a  $10^8$ , obtendo-se:

- Reforço do subleito de saibro, com 20cm de espessura, compactado na energia de 100% do ensaio Proctor Normal.
- Sub-base de saibro, com 20cm de espessura, compactada na energia correspondente a 100% do ensaio Proctor Intermediário.
- Base do pavimento: do tipo solo-cimento, com 10% de cimento em volume, exigindo-se resistências de 25kg/cm<sup>2</sup> (2,5 MPA) aos sete dias, também com 20cm de espessura.
- Revestimento do tipo CBUQ, faixa C do DNER (DNIT), com 5cm de espessura.

### 3. PROCEDIMENTO CONSTRUTIVO

As camadas do pavimento foram executadas de acordo com os seguintes procedimentos:

- **Regularização do subleito**

Inicialmente, tentou-se molhar a areia utilizando carros-pipa, procedendo-se à compactação com trator de esteiras rebocando rolo de grelhas (Foto 4). Porém, o volume de água necessário e as dificuldades de movimentação dos equipamentos, sobre o subleito de areia de duna, tornaram tal procedimento impraticável.

Foto 4 – Trator de esteiras regularizando o subleito



Concluiu-se que o processo construtivo adequado e mais econômico consistia, inicialmente, na regularização do leito de areia de duna com trator de esteiras, sem a preocupação, nessa fase, de se obter a densificação do material do subleito. Sobre o mesmo era executada a camada de reforço do subleito, de acordo com as especificações vigentes.

- **Reforço do subleito**

Camada de saibro espalhada sobre o subleito de duna, regularizada com trator de esteiras e compactada com rolo liso vibratório e rolo de pneumático, na espes-



Foto 5 – Execução da camada de reforço do subleito

sura final de 20cm. O saibro era transportado em caminhões basculantes que se deslocavam em marcha-ré, devido à impossibilidade dos veículos de pneus transitarem sobre o subleito de areia de duna.

Em seguida, o material foi espalhado na espessura solta de 30cm, regularizado com trator de esteiras (Foto 5) e homogeneizado, com auxílio de carros-pipa e grade de discos, rebocada por trator agrícola. Posteriormente, a camada era compactada, na energia correspondente ao Proctor Normal, com rolo liso vibratório e acabamento com rolo de pneus.

- **Sub-base**

Camada de saibro, executada sobre o reforço do subleito com de 20cm após a compactação. O procedimento construtivo era o mesmo utilizado na execução do reforço do subleito, porém, empregando a energia de compactação correspondente ao Proctor Intermediário.

- **Base**

- Macadame hidráulico seco, no subtrecho inicial de 6km, com 20cm de espessura, técnica inglesa, usada experimentalmente nessa ocasião. O procedimento executivo utilizava rolo liso vibratório para obter a penetração do pó de pedra nos vazios do agregado mineral, em substituição à água usada com esse objetivo.
- Solo-cimento, no subtrecho seguinte, a partir da Av. Ayrton Senna, com extensão de 14km. A dosagem indicou o teor de 10% de cimento, em volume, alcançando resistências de 25kg/cm<sup>2</sup> (2,5 MPA) aos sete dias, também com 20cm de espessura. A distribuição do cimento era realizada na pista e a operação de homogeneização com pulvimisturadora.

- **Revestimento: camada com 5cm de espessura, com previsão de restauração, após 10 anos, mediante reaparelamento com mais 5cm.**

### 4. PESQUISA SOBRE OS MÉTODOS EXISTENTES

Antes de iniciar os serviços de implantação, do trecho Av. Ayrton Senna–Canal de Sernambetiba, procedeu-se a pesquisa dos processos utilizados internacional-

mente para a compactação de areias uniformes em laboratório. Concluiu-se que haviam sido propostos diversos métodos, porém, nenhum deles havia sido aprovado pela ASTM, HRB e outros organismos internacionais. A primeira parte do estudo envolveu a pesquisa relativa à análise dos métodos existentes, tendo sido publicada na *Revista Construção*, na edição de janeiro de 1965. Nessa são comentados alguns desses, tais como os que recomendavam a utilização de impacto, mesa vibratória, soquete vibratório e outros. Abrangeu os métodos propostos por D. M. Burmister, de J. T. Paulus e Gooder, Francis Hveem, Jones, W. S. Housel, além dos trabalhos apresentados em congressos por Celestino Ruiz, R. K. Bernhard e W. G. Shockley.

Nessa etapa dos trabalhos, foi de grande relevância o artigo de Chester Mc Dowell, do Texas Highway Department (atual Texas DOT), publicado na *Revista Construção*, em 1958, bem como as informações contidas no Manual of Testing Procedures desse órgão.

Constatamos que no Texas DOT utilizavam equipamentos automáticos para a compactação das areias em laboratório. A importação desses equipamentos pelo nosso Laboratório estava fora de cogitação. Porém, esses trabalhos nos forneceram informações confiáveis sobre o comportamento das areias uniformes, tanto no que dizia respeito à sua densificação em laboratório como no campo, mediante a utilização de equipamentos adequados. Possibilitavam avaliar o comportamento dos pavimentos construídos sobre subleitos de areias incoerentes ao longo do tempo, sob o efeito da vibração transmitida pelo tráfego.

## 5. TENTATIVA DE ESPECIFICAÇÃO PARA CONTROLE

Após a tentativa de utilizar alguns dos métodos de ensaios propostos à ASTM, porém não aprovados oficialmente, procurou-se realizar o ensaio com os recursos disponíveis em nosso laboratório que possibilitasse confinar o solo no interior do cilindro, impedindo o efeito de refluxo sob o impacto do soquete.

Para isso, foi utilizado o cilindro Proctor Normal, especificado para o ensaio AASHO T-99, e o soquete Marshall, esse empregado para ensaios de misturas betuminosas. Esses equipamentos possibilitaram obter o

confinamento da areia no interior do cilindro, por ocasião da aplicação dos golpes do soquete. Como o soquete ocupava toda a área interna do cilindro, possibilitava que a aplicação da energia durante o ensaio fosse distribuída uniformemente sobre o material, sem que ocorresse o refluxo no interior do cilindro.

Depois da execução de inúmeros ensaios variando o número de golpes e a umidade da areia, concluímos que a umidade praticamente não influenciava nos resultados. A partir dessa observação, passamos a utilizar a areia seca ao sol, que apresentava a vantagem de fornecer os resultados da massa específica aparente logo após a realização dos ensaios.

Os resultados foram lançados em gráfico, a densidade aparente no eixo das ordenadas e o número de golpes no eixo das abscissas, permitindo constatar que a curva resultante permanecia assintótica, não ocorrendo aumento da massa específica aparente a partir de 75 golpes por camada.

Concluímos que esse procedimento, com emprego do cilindro Proctor e do soquete Marshall, na energia correspondente a 75 golpes do soquete, distribuídos em três camadas, utilizando areia secada ao sol, conduzia a resultados de ensaios que apresentavam grande reprodutibilidade.

## PROCEDIMENTOS UTILIZADOS NO CONTROLE DA EXECUÇÃO

No processo construtivo de regularização da areia das dunas, com trator de esteira, não havia a preocupação de controlar as condições de densificação do subleito. O controle somente era realizado após a execução da camada de reforço do subleito.

O controle de compactação da camada de reforço do subleito era obtido pelo processo usualmente recomendado, por intermédio da obtenção do grau de compactação. Para tanto, eram determinados os valores da densidade aparente máxima seca, no laboratório, e a densidade aparente *in situ*, no campo, usando o método do frasco de areia.

Após a liberação da camada de reforço do subleito, executavam-se aberturas na mesma para a realização dos ensaios de densidade *in situ*, diretamente no subleito de areia. Dessa forma, com a utilização da densidade aparente de campo e da densidade aparente de labo-

ratório, pelo processo acima descrito, era obtida a densidade relativa da areia de duna do subleito.

O estado de densificação, representado pela densidade relativa, conforme preconizado por Chester Mc Dowell, era verificado no campo, rotineiramente, após a execução da camada de reforço de saibro.

Os resultados das densidades relativas confirmaram que a energia de compactação aplicada pelo equipamento vibratório era transmitida indiretamente à camada inferior do subleito de areia de duna, indiretamente. Os valores obtidos para a densidade relativa, inicialmente de 28% (areia fofa), passavam a alcançar valores da ordem de 76% (areia densa), após a aplicação da compactação sobre a camada de saibro, resultado considerado satisfatório.

Os detalhes referentes aos estudos, tanto os relativos à pesquisa sobre os métodos de ensaio para compactação de areia em laboratório como ao controle do subleito de areia de duna, constam das publicações indicadas nas Referências Bibliográficas 1 e 2 (DANTAS, 1965).

No controle da execução das camadas de sub-base, base e revestimento, foram utilizados os procedimentos usuais exigidos nas especificações.

O controle de execução da base de macadame hidráulico seco foi feito visualmente. Por outro lado, no controle da base de solo cimento, procedia-se a ensaios de densidade *in situ* para o controle da compactação da camada e a retirada de corpos de prova para os ensaios de resistência à compressão simples. Também, ensaios de titulação da mistura de solo-cimento, com amostras coletadas na pista, forneciam o teor de cimento usado na mistura.

No controle da execução das camadas de solos, eram utilizados os atuais métodos DNER –ME 129/94, para a obtenção da densidade aparente máxima seca, e DNER-ME 092/94, para a densidade aparente de campo, utilizando o frasco de areia.

## 6. O USO DA AREIA DE DUNA NA CONSTRUÇÃO DOS ATERROS DE ACESSO ÀS PONTES

Com o resultado satisfatório obtido na pista, com o emprego do processo de densificação indireta, decidimos utilizar a areia de duna, disponível em grande volume junto à Ponte sobre o Canal de Marapendi, para a construção dos acessos, da ordem de 10m de altura. Tal

procedimento tinha como objetivo economizar o custo do transporte do solo proveniente da jazida do Joá, localizada a 4km de distância. Além disso, como o percurso era realizado através do Jardim Oceânico, área urbana da Barra da Tijuca, procurava-se minimizar os transtornos acarretados aos moradores locais.

O procedimento denominado “aterro em sanduíche” consistia em iniciar a implantação das saias do aterro utilizando saibro, mediante a execução bermas laterais, próximas às linhas de *off-sets*, com 3m de largura e cerca de 1m de altura, compactadas em camadas com as espessuras finais de 20cm. No núcleo, ou área interna, confinada no interior dessas bermas laterais, era lançada a areia de duna, na espessura de cerca de 1m e, apenas, espalhada e regularizada com um trator D-4.

Em seguida, sobre a camada de areia regularizada, utilizava-se o mesmo procedimento adotado nas camadas de reforço do pavimento, mediante o lançamento do saibro sobre a areia, com os caminhões se deslocando em marcha a ré. Em seguida, eram executadas as operações de regularização e compactação, obtendo-se camadas com espessuras compactadas, com 20cm de espessura. E, assim, sucessivamente até alcançar a altura final do aterro. Com a compactação indireta, executada sobre cada camada terrosa, obtinha-se a densificação indireta das camadas subjacentes de areia de duna (conforme o croqui da Figura. 1).

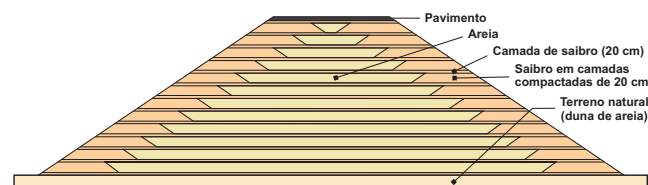


Figura 1: Croquis ilustrando o procedimento para a construção dos aterros

E, assim, sucessivamente, foram executadas as camadas de areia com espessuras de cerca de 1m de espessura, sempre recobertas por camadas compactadas de saibro, com 20cm de espessura solta. A utilização desse processo na implantação dos acessos às Pontes dos Canais de Marapendi e Sernambetiba resultou em economia na escavação, carga e transporte do material necessário e na operação de compactação.

Objetivando obter maior economia na construção dos aterros, como também na velocidade de execução,



Foto 6 – Aterro de Acesso à Ponte sobre o Canal de Marapendí (Novembro/2007)

procedemos à tentativa de reduzir a camada de cobertura de solo. No entanto, constatamos que a utilização de espessura inferior a 20cm produzia o rompimento dessa camada, sob efeito do esforço aplicado na operação de compactação, acarretando o refluxo de areia na superfície da camada.

## CONCLUSÕES

Cumpre destacar que a pista da Av. das Américas, motivo do referido artigo, concluída em 1964, refere-se à pista contígua à orla, atualmente utilizada pelo tráfego no sentido do Recreio dos Bandeirantes para a Barra da Tijuca. A segunda pista, utilizada para o sentido inverso do tráfego, foi construída posteriormente, cerca de 20 anos mais tarde.

As observações realizadas ao longo dos anos permitem informar que o procedimento utilizado foi plenamente satisfatório, não tendo ocorrido problema de qualquer natureza, apresentando comportamento satisfatório, tanto em relação às camadas do pavimento como em relação aos aterros de acesso às pontes.

Outra conclusão possível de se constatar, atualmente, refere-se ao tipo de solução utilizada para a camada de base, cujas condições de superfície apresentam-se, atualmente, distintas.

O subtrecho de 14km executado com a base de solo-cimento, entre a Av. Ayrton Senna e a Ponte sobre o Canal de Sernambetiba, tem apresentado excelente comportamento ao longo do tempo, praticamente sem necessidade de restaurações, apenas com a execução

dos recapeamentos previstos no projeto para reabilitação do pavimento.

No entanto, o pavimento do subtrecho construído com a base de macadame hidráulico seco, entre o Canal de Marapendí e a interseção com a Av. Ayrton Senna, ao contrário do anterior, apresenta adiantado estado de degradação. Provavelmente causado pelo tipo de solução aplicada que, há muito tempo, deixou de ser utilizada nos projetos de pavimentos de rodovias.

A Foto 7, tirada aleatoriamente no subtrecho Av. Ayrton Senna–Sernambetiba, em novembro de 2007, indica a excelente condição do pavimento, não apresentando problemas estruturais ou quanto ao estado da superfície. Por outro lado, a 8, tirada na mesma data, no subtrecho Canal de Marapendí–Av. Ayrton Senna, onde foi construída a base de macadame hidráulico seco, ilustra o elevado estado de degradação do pavimento.



Foto 7 – Pavimento no subtrecho Av. Ayrton Senna–Sernambetiba, sem problema estrutural (Novembro/2007)



Foto 8 – Pavimento do subtrecho Marapendí–Av. Ayrton Senna, apresentando adiantado estado de degradação (Novembro/2007)

## Referências bibliográficas

1. O Problema Técnico da Compactação da Areia – Eng<sup>o</sup> Haroldo Stewart Dantas, Revista Construção, nº 93, Janeiro de 1965.
2. Compactação de Areia de Praia, Tentativa de Especificação para Controle – Eng<sup>o</sup> Haroldo Stewart Dantas, Revista Construção, nº 94, Fevereiro de 1965.

**Nota:** A documentação supra-relacionada foi doada à Biblioteca da Associação Brasileira de Pavimentação – ABPv, para consulta pelos interessados.

# Uma proposta de dimensionamento de pavimentos para tráfego de caminhões fora-de-estrada

**Rafael Magno Ferreira**

NUGEO/Escola de Minas/UFOP

**Gilberto Fernandes**

NUGEO/Escola de Minas/UFOP

**Romero César Gomes**

NUGEO/Escola de Minas/UFOP

## RESUMO

O presente trabalho descreve sobre um pavimento experimental para o tráfego de caminhões fora-de-estrada, construído em uma mina a céu aberto, no município de Ouro Preto-MG. Na construção do pavimento foram empregados estéreis de minério de ferro, conforme procedimentos convencionais de terraplenagem, sendo os materiais compactados em camadas e no teor de umidade ótima. Foi investigado continuamente durante três meses de operação, por meio de sensores de deformação e pressão, além do monitoramento das condições climáticas do local (pluviometria, temperatura e umidade internas). A partir da resposta mecânica do pavimento a todas essas variáveis, propôs-se um ábaco de dimensionamento de estradas de mina, assumindo-se as mesmas condições de carregamento e execução, referenciando-se ao tráfego de caminhões fora-de-estrada com eixo padrão de 1.640kN (167tf).

## ABSTRACT

This paper describes about an experimental pavement destined to off-highway trucks traffic. It was constructed in an open pit mine, in Ouro Preto city, MG, Brazil. Iron ore wastes were used in the construction of the pavement, according to conventional procedures of earthwork, with materials compacted in layers and in the optimum content moisture. It was investigated continuously during three months by means of strain gauges and earth total pressure cells. It was evaluated also the environmental conditions throughout the experimental road (rainfall, internal temperature and content moisture). With a great data set it was proposed a design abacus related to mine roads. It takes into consideration the same loading and construction conditions, referring to the off-highway trucks traffic with dual wheel axle load standard of 1.640kN (167tf).

## 1. INTRODUÇÃO

Resíduos dos mais diversos tipos de atividades industriais e minerais têm sido estudados como materiais de construção alternativos, inclusive em sistemas estrutu-

rais viários. Além da mitigação dos efeitos causados ao meio ambiente, busca-se, nesses estudos, a construção de pavimentos de baixo custo, utilizando-se solos da faixa de domínio da obra, com desempenho estrutural satisfatório (FERNANDES, 2005). Os benefícios, nesse caso,

podem ser diversos: (i) constituem-se, quase sempre, de materiais inertes, possibilitando sua aplicação direta; (ii) são racionalmente empregados e destinados, em detrimento ao custo da exploração de jazidas fornecedoras de agregados; (iii) possuem, na maioria dos casos, boas características geotécnicas e (iv) permitem à própria empresa de mineração sua utilização em caminhos de serviço do próprio empreendimento minerador, otimizando as distâncias médias de transporte (quando da disposição desses resíduos em pilhas, bota-foras etc.).

Tratam-se de subprodutos sem grande valor econômico, gerados pela atividade mineradora, compreendendo os *rejeitos* e os *estéreis*. Os rejeitos são subprodutos remanescentes do processo de beneficiamento e da concentração de minérios, cuja característica granulométrica é função do tipo de minério bruto e do processo industrial de beneficiamento. O estéril é o material oriundo do processo de lavra, de baixo teor de minério, que é separado do mesmo no processo de decapeamento do corpo de minério. Constitui-se de solos e rochas fragmentadas, resultantes de escavações e detonações de taludes de mina.

No caso específico do minério de ferro, os estéreis possuem uma estrutura heterogênea, sendo, geralmente, transportados por caminhões e dispostos sob a forma de pilha, segundo sucessivos alteamentos, em conformidade aos talvegues e encostas próximas à região de lavra – minimizando-se os custos de transportes destes materiais e promovendo uma inserção natural e direta das pilhas ao meio local. São utilizados, ainda, como materiais de construção em diques e taludes de barragens, substituindo materiais de áreas de empréstimo.

Na região do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais, estão localizadas imensas reservas de minério de ferro, cuja exploração intensa resulta em volumes consideráveis de resíduos. Neste contexto, a disposição final desses materiais surge como uma terceira atuação essencial da indústria mineradora, ao lado dos processos de lavra e tratamento (ou beneficiamento). No que tange à utilização desses resíduos em obras de infra-estrutura rodoviária, faz-se necessário estabelecer sua caracterização tecnológica para fins geotécnicos, em termos de ensaios laboratoriais e de campo. A rigor, o conhecimento do resíduo

de mineração como um material geotécnico definido é ainda bastante incipiente, e a modelagem de problemas envolvendo estes materiais é tipicamente estabelecida a partir de uma generalização dos princípios clássicos da mecânica dos solos. Devido ao fato de resíduos de mineração não se comportarem necessariamente como solos, estabelece-se então uma lacuna entre os estudos desse tipo de material (GOMES, 2006). Algumas contribuições sobre a utilização de resíduos de minério de ferro em pavimentos podem ser obtidas em Fernandes et al. (2004), Ferreira et al. (2006) e Saraiva (2006).

Em condições climáticas adversas, a maioria das estradas de minas apresenta sérios problemas de trafegabilidade. Nesse panorama, os leitos das estradas não são convenientemente conformados e não contam com dispositivos adequados de drenagem, dificultando o escoamento da produção. Atividades de manutenção corretiva são empregadas freqüentemente e pouca preocupação se tem com a questão da deformação contínua do pavimento. Neste caso, os defeitos observados nas pistas podem ser diversos: seção transversal imprópria, drenagem inadequada, corrugações, buracos, trilhas de roda, excessos de material particulado e de perda de agregado (Figura 1).

Poucas considerações têm sido feitas em relação a processos construtivos e dimensionamentos de estradas de



Figura 1 – Exemplos de problemas de drenagem e de geração de pó em estradas de minas a céu aberto.

minas, uma vez que a engenharia rodoviária se concentra, essencialmente, no tráfego de veículos convencionais, cujos pesos máximos por eixo não excedem 250kN (eixo triplo, rodas duplas). O grande desafio no estudo de caminhões fora-de-estrada é estabelecer a influência do tráfego destes veículos na resposta mecânica do pavimento, de forma a atuar na majoração da vida útil da via.

Estradas com tráfego de caminhões fora-de-estrada estão sujeitas a cargas por eixo dianteiro da ordem de

800kN e cargas por eixo traseiro da ordem de 1.700kN. Ocorre que critérios de dimensionamento de pavimentos rodoviários, em sua maioria, são referenciados ao tráfego de veículos comuns e se atêm, majoritariamente, a parâmetros isolados. Não compatibilizam aspectos vinculados à capacidade de suporte (CBR), elementos relacionados à mecânica do pavimento (resiliência, deflexões, número de ciclos etc) e características intrínsecas do material (tamanhos dos grãos, coesão, expansibilidade etc). Mais além, se aplicam a pavimentos flexíveis e semi-rígidos, sendo escassos os critérios de dimensionamento voltados à “engenharia das não pavimentadas” ou estradas de serviço de complexos mineradores, sujeitas à ação de elevadas cargas e a uma dinâmica de manutenção constante.

Neste contexto, foi desenvolvido um trabalho que se fundamenta no planejamento, construção e monitoramento de um pavimento rodoviário experimental, em planta de mina, destinado ao tráfego de caminhões fora-de-estrada. Buscou-se investigar a resposta mecânica e a durabilidade do pavimento ao longo do tempo, por meio de sensores criteriosamente instalados em quatro seções-testes, os quais forneceram importante banco de dados; bem como os aspectos inerentes a cada sensor utilizado, os procedimentos de calibração em laboratório e os arranjos quando de sua implantação na pista de testes. Todo o projeto foi amparado por uma ampla campanha de ensaios geotécnicos em laboratório, estudando-se cinco diferentes tipos de estéreis arenosos de minério de ferro, aqui colocados como os materiais disponíveis para a infra e superestrutura viária. A pesquisa abrangeu, ainda, etapas de estabilização da camada de base, empregando-se estabilizadores químicos; além de diferentes técnicas de tratamento contra pó, aplicadas à superfície do pavimento em questão, entendidas como medidas mitigadoras da emissão excessiva de materiais particulados.

O mérito desta pesquisa residiu em se estudar o comportamento de uma estrada de mina, ante a aplicação de cargas brutas da ordem de 2.450kN, por ocasião da passagem de caminhões fora-de-estrada. O pavimento construído teve como premissa seguir, em grande parte, a rotina de execução já adotada pela equipe de infraestrutura da mineradora, de forma a não gerar procedimentos que implicassem gastos extras à empresa mineradora. A proposta inicial foi criar uma nova rotina, adaptada de uma já existente, que padronizasse e otimizasse

as técnicas de execução de pavimentos em mina. Ao mesmo tempo, buscou-se implementar a utilização racional de resíduos sólidos, gerados pela própria mina em estudo, embasando-se em um acompanhamento tecnológico dos materiais e das técnicas empregadas. Posto isso, pode-se afirmar que a conjugação das três vertentes – concepção de estradas de mina, reutilização de resíduos de mineração e instrumentação de pavimentos – constitui o “tripé” básico para o estudo do comportamento mecânico de estradas do tipo, sobretudo dos caminhos de serviço de complexos mineradores.

O presente trabalho, no entanto, se atêm exclusivamente a um dos frutos dessa pesquisa: uma proposta de ábaco de dimensionamento para pavimentos com tráfego de caminhões fora-de-estrada, desenvolvido a partir de leituras de deformação e pressão em campo, além da análise de características intrínsecas do tráfego de uma mina de minério de ferro. Maiores detalhes poderão ser obtidos em Ferreira (2007) e em Ferreira et al. (2006).

## 2. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O trecho experimental foi montado em uma mina do Quadrilátero Ferrífero, no município de Ouro Preto, Minas Gerais (Figura 2). A pista de testes foi locada, aproximadamente, segundo uma geometria em tangente, em suave rampa descendente (sentido em que os caminhões trafegam carregados durante as operações de produção da mina). Com uma extensão de 100m e constituída de quatro seções-testes de 25m cada, empregaram-se estéreis da própria mina como materiais de superestrutura do pavimento, com arranjos estruturais específicos. A largura da plataforma era de 11m, delimitada nas extremidades por leiras divisórias. As faixas possuíam suave abaulamento sentido bordo interno-bordo externo, respeitando a tendência de sentido de escoamento de águas pluviais.

O sistema viário existente, de maneira geral, é caracterizado por estradas executadas com cangas e itabiritos, cujos revestimentos variam entre cangas (lateritas), cangas contaminadas com minério, itabiritos silicosos e escórias de aciaria. É de praxe a execução do pavimento com espessura total da ordem de 1m, com acompanhamento topográfico. Processa-se, basicamente, via descarga de material sobre o leito da estrada ou rocha *in situ*, seguida de espalhamento e nivelamento, por meio de

tratores de lâmina e motoniveladoras, respectivamente. A compactação é feita apenas em superfície, através da passagem natural de caminhões durante as operações de produção. Não se empregam, pois, quaisquer critérios de acompanhamento tecnológico adotados na terraplenagem convencional.

O sistema de manutenção é conduzido via nivelamento e molhagem do corpo estradal, por meio de motoniveladoras e caminhões-pipas. Este conjunto de procedimentos requer cortes de cerca de 20cm para raspagem da superfície de rolamento, que causam consideráveis danos à mesma, como grandes trilhas e enfraquecimento da plataforma, tornando-a vulnerável à penetração da água superficial. Além dos custos operacionais, intrínsecos da qualidade da superfície do pavimento, as manutenções de caráter corretivo são acionadas com excessiva frequência e se mostram, na maioria das vezes, pouco eficazes. Desta forma, pode-se presumir que constituem-se de eventos que agregam custos adicionais à empresa – uma vez que os equipamentos são deslocados da produção para o desempenho dessas atividades. Apesar da boa drenabilidade dos materiais empregados nas estradas da mina, observa-se, muitas vezes, pouca eficiência dos dispositivos de drenagem (quando existentes); sobretudo em trechos sem abaulamentos, suscetíveis ao acúmulo de águas pluviais.

A concepção do trecho rodoviário experimental teve como foco a construção de um pavimento em camadas, com controle tecnológico de compactação; de tal sorte a conferir a esse pavimento boas condições de rolamento, durabilidade e suficiente capacidade de suporte. Além disso, procurou-se estabelecer uma forma de comparação entre o pavimento experimental e as outras estradas existentes na mina, sendo possível avaliar as características mecânicas de cada espécie. Priorizou-se um método acessível, eficiente e de baixo custo, de forma a não acarretar procedimentos extras às equipes de infra-estrutura de mina. A pista de testes contemplou, ainda, a possibi-

lidade de instalação dos instrumentos de monitoramento, empregando-se como materiais exclusivamente estéreis de mina.

Empregou-se, no dimensionamento, o programa de diferenças finitas ELSYM 5. Foram estimadas as tensões verticais e horizontais para cada camada do pavimento, admitindo-o inicialmente como um sistema em camadas de 20 e 30cm, alternando-se os materiais. A partir dos resultados do ensaio triaxial de carregamento repetido e empregando-se os modelos areno-argiloso e composto, obteve-se o módulo de resiliência representativo de cada camada do pavimento. Este foi tomado constante para uma mesma espessura, variando em profundidade conforme o nível de tensão estimado analiticamente. Este, por sua vez, foi confirmado por meio de retroanálise, comparando-se os valores estimados analiticamente com aqueles obtidos na análise computacional, até a convergência satisfatória de módulos de resiliência e/ou estado de tensões.

A seguir, avaliaram-se diferentes arranjos estruturais propostos para o pavimento e seus impactos sobre as tensões, deformações e deslocamentos experimentados pelo sistema, sempre referindo-se ao topo do subleito. Após análise, os valores de tensões obtidos foram comparados a um valor admissível de referência. A configuração final,

escolhida para três das seções-testes, é apresentada na Figura 3, empregando-se canga laterita (CL) e canga contaminada com minério (CCM) – estéreis típicos de minas de minério de ferro do Quadrilátero Ferrífero. Esses materiais foram compactados em três camadas de 20cm cada, com controle de campo e por meio de equipamentos con-



Figura 2 – Detalhe da região de implantação do trecho experimental, preliminarmente à sua execução. (Fonte: Google Earth)

vençionais de terraplenagem. A quarta seção foi reproduzida de forma similar às estradas da mina em questão, empregando-se um aterro único de 1m de espessura em canga contaminada, compactado superficialmente pela passagem de caminhões fora-de-estrada. A Figura 4 ilustra algumas etapas executivas do pavimento, desde a regularização do subleito à estabilização e acabamento da camada de base. A instrumentação seguiu procedimen-



Figura 4 – Algumas etapas da construção do pavimento.

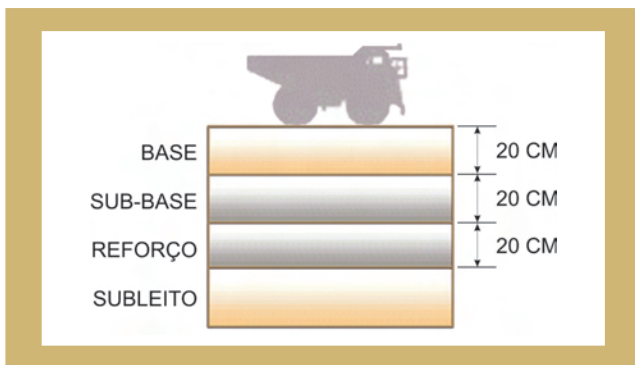


Figura 3 – Configuração final do pavimento experimental, simulado com o programa ELSYM 5.

tos criteriosos para a colocação dos sensores no interior das camadas, de tal sorte a preservar a integridade das camadas compactadas subjacentes. Contou com oito sensores de deformação vertical, oito sensores de deformação horizontal, quatro células de pressão, quatro sensores de temperatura, quatro sensores de umidade e um pluviômetro. Além de dados relativos ao comportamento mecânico do pavimento, procurou-se estabelecer uma relação entre a durabilidade da via e as condições climáticas locais. Todo o conjunto de sensores permaneceu ligado, simultaneamente, a uma unidade central de aquisição de dados. A Figura 5 mostra um perfil transversal da via, detalhando a disposição dos sensores para cada uma das quatro seções-testes. A Figura 6 apresenta os sensores empregados na instrumentação do trecho.

O pavimento experimental foi monitorado durante três meses, com registros de dados automáticos a cada

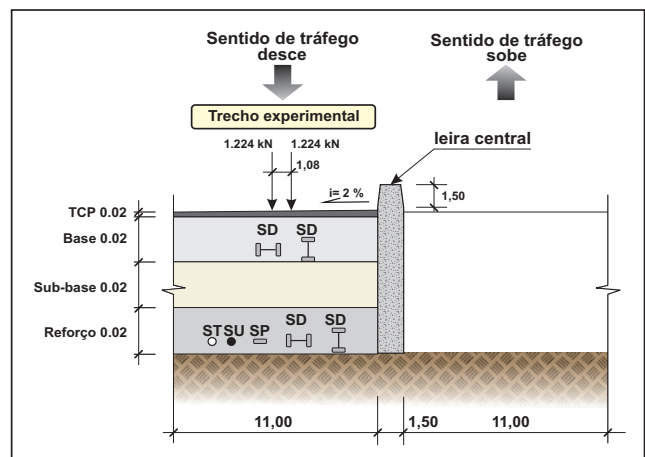


Figura 5 – Distribuição dos sensores por seção experimental (perfil transversal). Notas: “SD”, “SP”, “ST” e “SU” são sensores de deformação, pressão, temperatura e umidade, respectivamente. “TCP” significa tratamento contra pó.

hora inteira e, eventualmente, a cada ¼ de segundo, com controle da seção monitorada e da velocidade do caminhão fora-de-estrada.

### 3. ALGUNS RESULTADOS OBTIDOS

Além dos ensaios de laboratório executados (caracterização dos materiais, compactação, CBR, cisalhamento direto, triaxial de carregamento repetido e difratometria de raios X), ensaios diversos foram conduzidos em campo, buscando-se aferir propriedades elásticas e de tendência à deformação contínua. Desta forma, fez-se o controle de compactação por meio da técnica do “frasco de areia” e

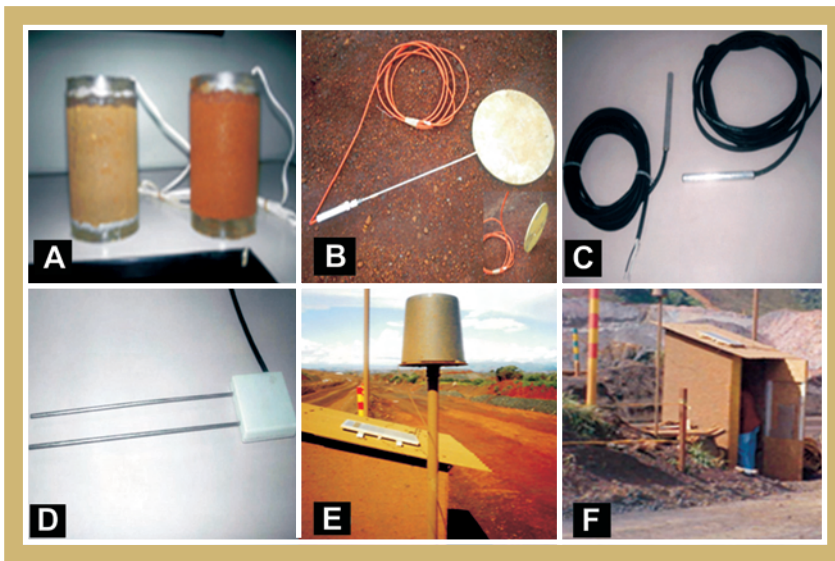


Figura 6 – Detalhes dos sensores de deformação (a), de pressão (b), de temperatura (c) e de umidade (d), além do pluviômetro (e) e da central de aquisição de dados (f).

Figura 7 – Resultados dos sensores de deformação na seção experimental 3, em *microstrain* (me).  
 Notas: “SDsup” e “SDinf” se referem, respectivamente, a sensores posicionados em posição superior e inferior do pavimento. Analogamente, os índices “ver” e “hor” se referem às posições vertical e horizontal.

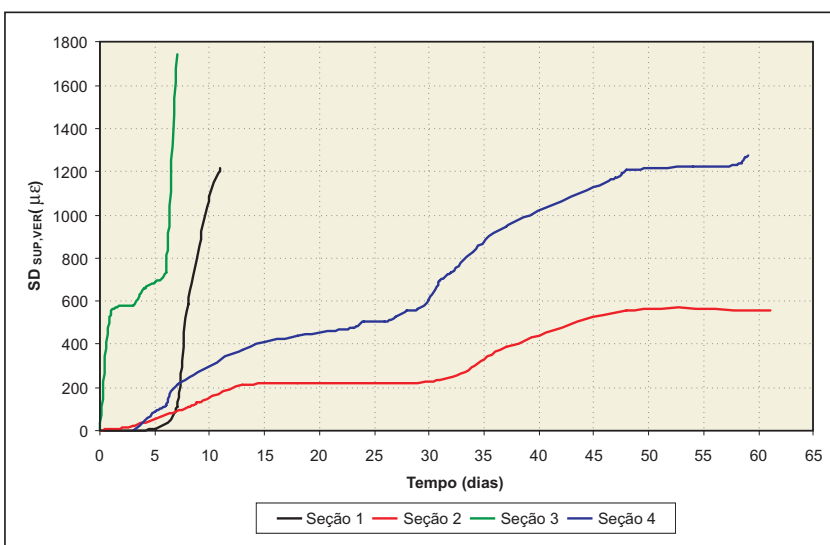
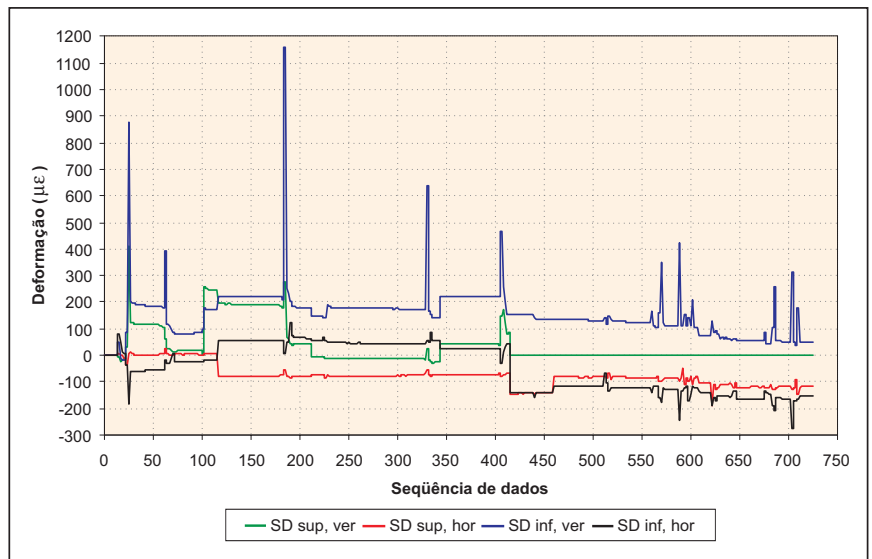


Figura 8 – Deformações acumuladas, registradas pelos sensores em posição vertical-superior.

do equipamento *Speedy*. Uma avaliação do módulo de elasticidade *in situ* foi realizada com o aparelho *GeoGauge*, sendo as deflexões verificadas por meio da viga *Benkelman*. Maiores detalhes podem ser extraídos em Ferreira (2007).

Diversos foram os resultados provenientes dos sensores instalados no pavimento experimental, sendo alguns apresentados nas Figuras 7 a 12, somente a título de ilustração. Cabe aqui ressaltar apenas que o banco de dados gerado, na ocasião dos trabalhos de monitoramento, permitiu a confecção de um ábaco de dimensionamento baseado nas deformações verticais da camada de base e do topo do subleito, aliadas aos módulos de resiliência adotados para cada camada do pavimento e ao número "N" de repetições do eixo padrão, aqui tomado como sendo o eixo traseiro do caminhão fora-de-estrada.

Tornou-se evidente que o processo de compactação rigoroso, executado em camadas, sobressaiu-se em relação ao método de execução conduzido pela empresa mineradora, sem compactação. Apesar dessa diferença não se mostrar discrepante com apenas três meses de monitoramento, a estrutura da seção experimental 4 apresentou os primeiros indícios de uma compactação que não se efetivou em camadas profundas, além da perda de agregados em excesso. Por outro lado, o pavimento executado pela associação

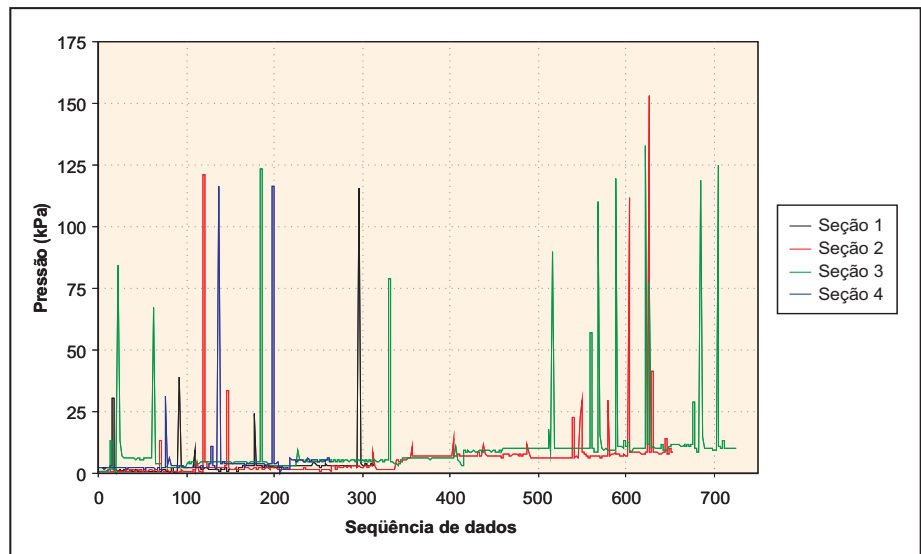


Figura 9 – Registros dos sensores de pressão.

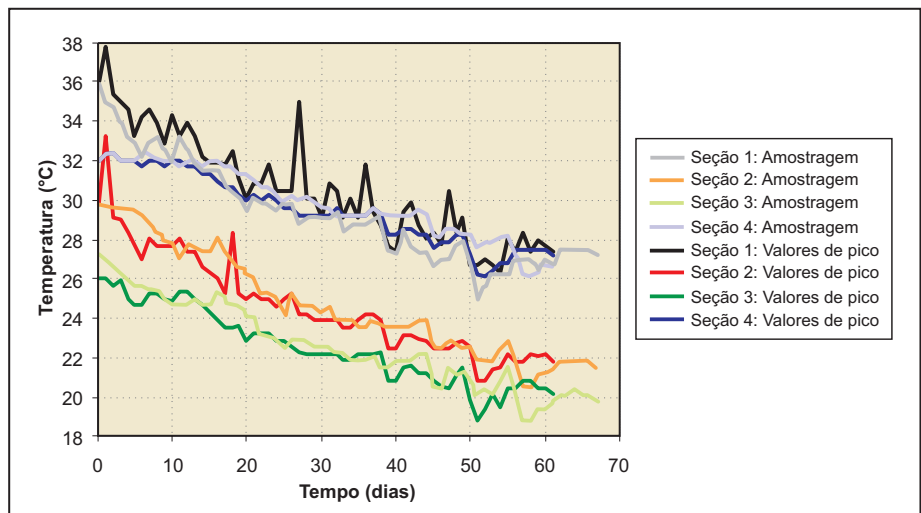


Figura 10 – Variação da temperatura interna do pavimento ao longo do tempo.

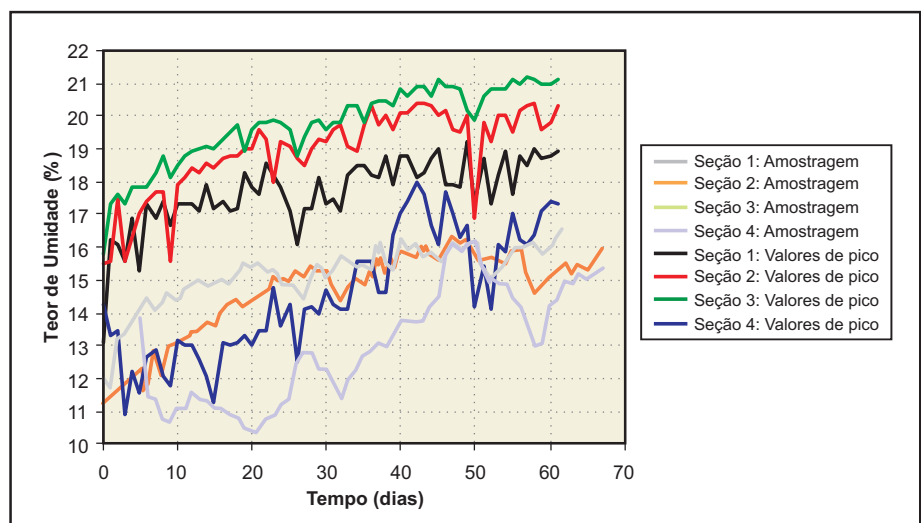


Figura 11 – Variação do teor de umidade no topo do subleito.

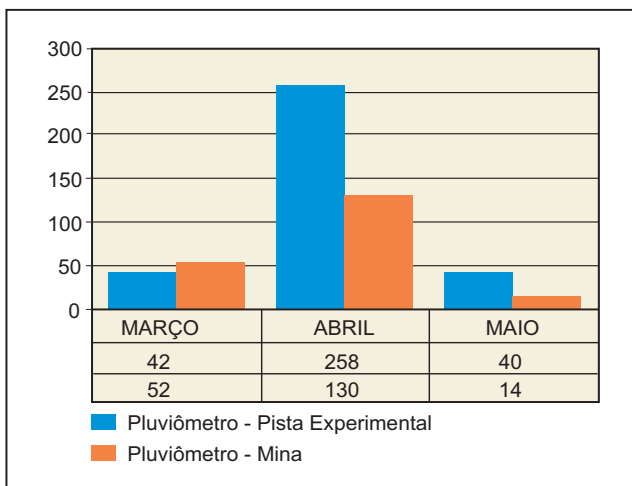


Figura 12 – Regime pluviométrico para a mina em estudo, durante o período de monitoramento (leituras em milímetros).

dos estêreis canga laterita e canga contaminada com minério mostrou-se eficiente ante a ação dos caminhões fora-de-estrada e das intempéries. Tal afirmação é sustentada pelo seu bom estado de conservação após o período de monitoramento, tempo superior à recorrência dos serviços de manutenção corretiva empregados na mina em estudo (geralmente, inferiores a uma semana).

#### 4. A ELABORAÇÃO DO ÁBACO DE DIMENSIONAMENTO

Na concepção do ábaco de dimensionamento, procurou-se estabelecer um critério de análise baseado no

método do DNER (atual DNIT), proposto por Souza (1981), embora se trate de um critério referenciado a um eixo padrão distinto (80kN ou 8,2tf). Neste método, cargas por eixo superiores a este valor são atendidas mediante a aplicação de um fator de equivalência superior à unidade, contemplando cargas por eixo simples de até 196kN (20tf). Estes valores estão, no entanto, bastante aquém da carga imposta por um veículo fora-de-estrada, cuja carga por eixo simples traseiro é da ordem de 1.640kN (167tf).

Nessa premissa, levantou-se o volume de estéril e minério transportado na mina em estudo, na região da pista experimental, no período de um ano (Figura 13). De posse do número médio de repetições diárias a cada mês, referido ao veículo padrão de 167tf (eixo simples traseiro, de rodas duplas), aplicou-se um fator de equivalência de eixo (FE) de 1,5, procurando-se levar em conta a passagem do eixo dianteiro do caminhão fora-de-estrada sobre o pavimento. Desta forma, admite-se que o carregamento imposto pelo eixo dianteiro corresponde a 50% da carga aplicada pelo eixo traseiro. A rigor, o eixo dianteiro recebe 33% da carga bruta do caminhão fora-de-estrada (810kN), enquanto que o eixo traseiro trabalha os 67% restantes (1.640kN). Posto isso, torna-se razoável admitir que a passagem de dois eixos dianteiros corresponda à ação de um eixo traseiro (2x810kN=1.640kN). Com efeito, obteve-se o gráfico da Figura 14.

Adotando-se uma taxa de crescimento do tráfego da mina em 10% ao ano, para um período de projeto de

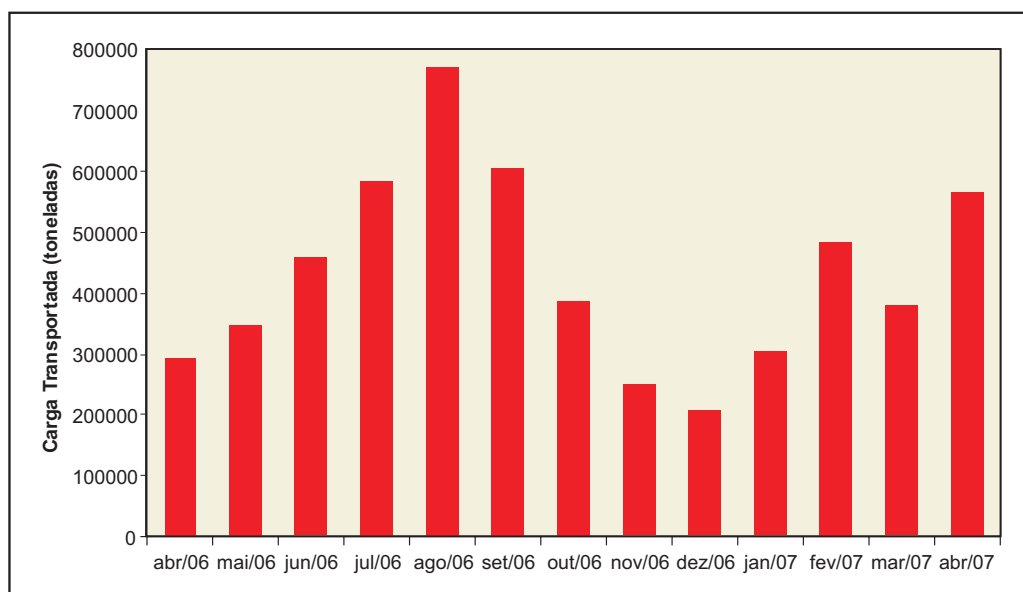


Figura 13 – Carga transportada na região da pista experimental, no período de abril/2006 a abril/2007.

um ano, obteve-se seu crescimento geométrico por meio da expressão

$$V_p = V_1 \cdot \left(1 + \frac{t}{100}\right)^P \quad (1)$$

na qual  $t$  é a taxa de crescimento geométrico,  $P$  é o período de projeto,  $V_1$  é o número de veículos no instante da construção da estrada (com 100% dos veículos no sentido de tráfego dominante) e  $V_p$  é o número de veículos no período de projeto considerado.

A partir de uma pesquisa de tráfego, realizada na região de implantação do experimento, sintetizada pela Figura 15, chegou-se a um valor médio de 88 veículos/

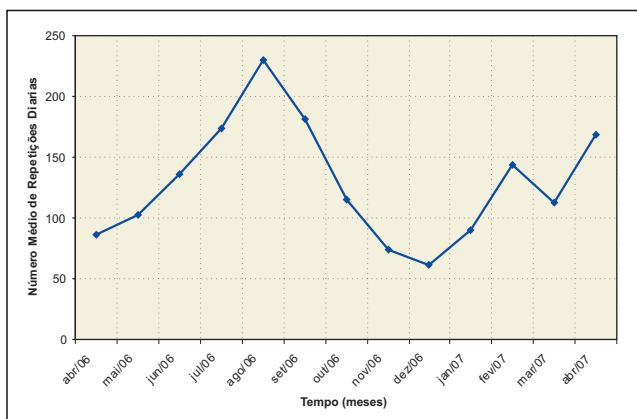


Figura 14 – Estimativa do número médio de repetições diárias (aplicado o fator de eixo).

dia. Admitiu-se, então, um valor de 97 veículos/dia, ao final de um ano.

À luz do método do DNIT, o cálculo do fator de carga (FC) baseou-se no conceito de equivalência de operações, a fim de se levar em conta, estritamente, a influência de demais veículos e equipamentos de terraplenagem que trafegam no trecho. Partindo dos dados coletados na pesquisa de tráfego, chegou-se à estimativa de equiva-

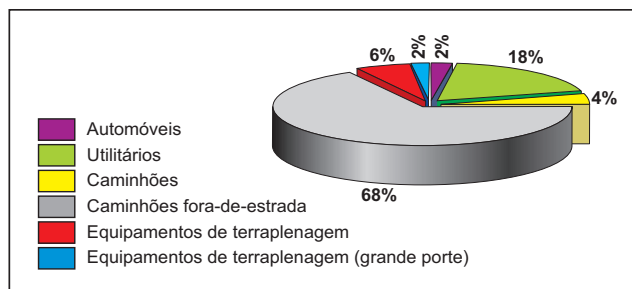


Figura 15 – Avaliação do tipo de tráfego no pavimento experimental.

lência de operações mostrada na Tabela 1. Com efeito, tem-se um fator de carga de 1,25.

Segundo o método do DNER (DNIT), para se levar em conta variações de umidade dos materiais do pavimento, durante as diversas estações do ano – que se traduzem em variações de capacidade de suporte dos materiais –, o número equivalente de operações do eixo, tomado como referência, deve ser multiplicado por um coeficiente que varia entre 0,2 (regiões onde prevalecem climas secos) a 5,0 (regiões de clima extremamente úmido). A partir de um regime pluviométrico de cerca de 1.200mm/ano (dados da mina), o fator climático regional (FR) foi estimado em 1,4, tomando-se como referência a Tabela 2.

Tabela 2 – Fatores climáticos (SOUZA, 1981).

Altura Média Anual de Chuva (mm)	Fator Climático Regional (FR)
Até 800	0,7
De 800 a 1.500	1,4
Mais de 1.500	1,8

Reunindo-se todas essas informações, pôde-se aferir um número de operações do eixo padrão, durante o período de projeto adotado, por meio da relação proposta pelo DNIT:

$$N = 365 \cdot V_m \cdot P \cdot FC \cdot FE \cdot FR \quad (2)$$

Tabela 1 – Cálculo do fator de carga FC.

Eixos Simples (kN)	Freqüência (%)	Fator de Equivalência	Equivalência de Operações
< 49	2,3	–	–
59	18,5	0,200	3,7
98	4,6	3,000	13,8
137	3,9	25,000	97,5
Eixos Duplos (kN)	Freqüência (%)	Fator de Equivalência	Equivalência de Operações
167	1,5	7,000	10,5
		$\Sigma$ (FCx100)	125,5

Fazendo  $V_m = V_p$  (volume diário médio de tráfego igual ao volume diário médio durante o período de projeto), obteve-se um “N” da ordem de  $9,3 \times 10^4$  operações equivalentes do eixo padrão (167tf).

Nessa ótica, relacionando-se os valores acumulados de repetições (N), para um período de dois meses de monitoramento, com os valores de deformação vertical acumulada para a camada de base e topo do subleito (e), obteve-se o gráfico da Figura 16. Plotando-se as retas de ajuste, concomitantemente, verifica-se que os valores de deformação alcançados pela canga laterita, na camada de base, foram ligeiramente maiores aos valores de deformação acusados pela canga contaminada com minério, no topo do subleito. Desta forma, admitiu-se que estes dois materiais possuem comportamento similar ante efeitos de deformação, para uma mesma condição de carregamento e compactação. As equações de correlação que regem esse sistema podem ser expressas da seguinte maneira:

$$\varepsilon = 0,0387N + 14,643 \quad (3)$$

para o estéril canga laterita ( $R^2=0,96$ ), a 20cm do ponto de aplicação da carga (base) e

$$\varepsilon = 0,037N + 8,4 \quad (4)$$

para o estéril canga contaminada com minério ( $R^2=0,98$ ), a 60cm do ponto de aplicação da carga (topo do subleito).

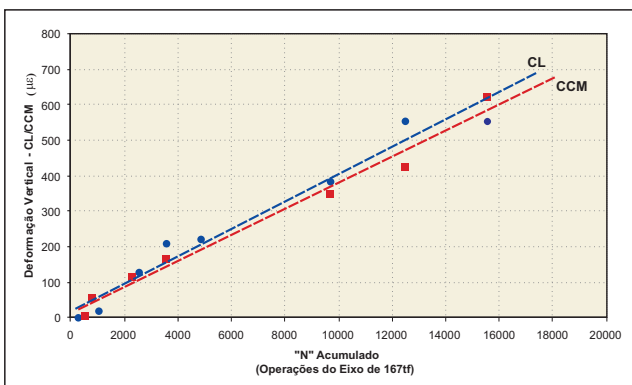


Figura 16 – Comparação entre deformação vertical acumulada e número de repetições do eixo padrão.

Essa abordagem foi determinante para a confecção de um ábaco que permite relacionar, simultaneamente, as seguintes variáveis: módulo de resiliência, espessura necessária do pavimento para caminhão fora-de-estrada, deformação vertical acumulada (inferida em campo)

e o número de repetições do eixo padrão (Figuras 17-a e 17-b). Sua concepção foi baseada em dados de deformação obtidos apenas para dois pontos de análise (região hachurada do ábaco), distantes 20cm e 60cm do ponto de aplicação da carga. Os demais pontos exibidos no ábaco foram obtidos por extrapolação desses valores referenciais, a partir do ajuste linear dos valores obtidos. Foi incluído nos ábacos, adicionalmente, o módulo de resiliência de cada profundidade assinalada, determinado a partir do estado de tensões previsto, em conjugação com os modelos experimentais. Desta forma, pode-se estabelecer uma relação entre propriedades de tensão, deformação e resiliência, a partir de características de solicitação do tráfego, imposto ao pavimento analisado.

Os ábacos propostos se aplicam, somente, ao dimensionamento de pavimentos a serem executados com os estéreis especificados, compactados conforme metodologia descrita por Ferreira (2007), isto é, a compactação dos materiais em camadas de 20cm, nos respectivos teores de umidade ótima, utilizando-se rolo compactador tipo “pata curta”, autopropelido. Além disso, devem ser materiais cujas propriedades geotécnicas estejam em conformidade com os resultados citados neste trabalho, sobretudo no que tange a módulo de resiliência.

Embora se tenha feito a análise para um período de projeto de 1 ano, a utilização do ábaco foi restrita a valores inferiores a  $5,1 \times 10^4$  repetições, caracterizando um valor admissível de referência para a deformação imposta ao subleito (0,41% ou 2000me) – conforme seguido em projeto e adotado nos estudos de Thompson e Visser (1999) para caminhos de serviço, em minas da África do Sul. Admitiu-se que a deformação verificada no sensor, em campo, é proporcional à deformação experimentada pela camada sobrejacente do pavimento. Como exemplo de aplicação do ábaco da Figura 17-a, para  $N=3,0 \times 10^4$  repetições do eixo padrão (linhas inclinadas), um pavimento em canga laterita, com espessura de 60cm (eixo vertical esquerdo), está sujeito a uma deformação de 0,22% (eixo horizontal superior). Trata-se, neste caso, de uma deformação perfeitamente compatível a quaisquer tipos de rodovias. Obviamente, as condições acima são válidas para um pavimento compactado conforme prescrições descritas neste trabalho. A análise para o ábaco da Figura 17-b é feita de forma análoga.

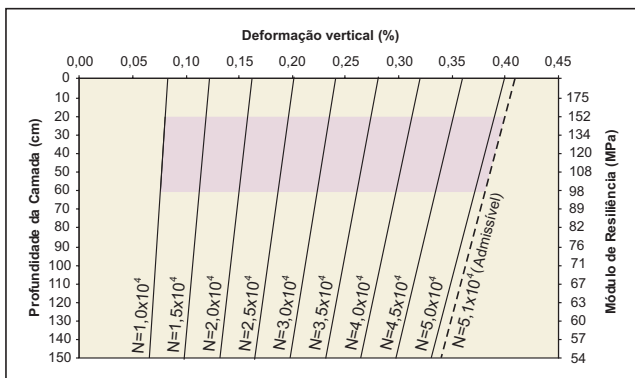


Figura 17-a – Ábaco de dimensionamento para um pavimento com tráfego de caminhões fora-de-estrada, executado em canga laterita.

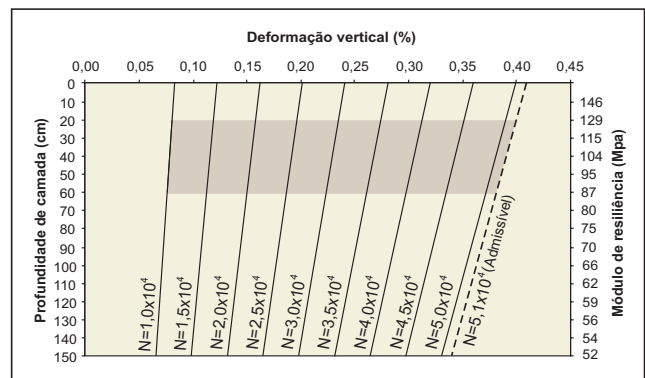


Figura 17-b – Ábaco de dimensionamento para um pavimento com tráfego de caminhões fora-de-estrada, executado em canga contaminada com minério.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa envolveu trabalhos intensos de campo e de laboratório, por um período de dois anos, alicerçados por uma ampla instrumentação geotécnica.

Os resultados obtidos para a mina em questão, em termos da mecânica do pavimento, poderão ser experimentados em outras minas do Quadrilátero Ferrífero, desde que sejam observadas as seguintes condições: i) as propriedades geotécnicas dos estéreis não podem diferir, significativamente, de uma mina para outra e ii) as condições de suporte do subleito deverão ser similares.

Apesar das limitações dos ábacos apresentados neste trabalho, como a extrapolação de curvas e o ajuste linear para apenas dois pontos de análise, trata-se de um passo importante para o entendimento do comportamento mecânico de estradas de mina, com tráfego de caminhões fora-de-estrada. Esta contribuição poderá auxiliar as empresas mineradoras na otimização dos processos construtivos de estradas, bem como majorar a vida útil do sistema viário das minas. Melhorias poderão ser propostas futuramente, com uma análise de confiabilidade do banco de dados gerado na referida pesquisa, além de correlações e considerações adicionais.

## Referências bibliográficas

- FERNANDES, Gilberto (2005). Comportamento de Estruturas de Pavimentos Ferroviários com Utilização de Solos Finos e/ ou Resíduos de Mineração de Ferro Associados a Geossintéticos. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, UnB, Brasília, DF. 250 p.
- FERNANDES, G; GOMES, R. C.; RIBEIRO, L. F. M.; PALMEIRA, E. M.; PEREIRA, R. A. (2004). Comportamento Geotécnico de Misturas Solo-Resíduos de Minério de Ferro para Utilização em Pavimentos. 35º RAPv, Rio de Janeiro, RJ. 3: 110-120.
- FERREIRA, Rafael Magno (2007). Dimensionamento de um Pavimento Experimental para o Tráfego de Caminhões Fora-de-estrada em Planta de Mina. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, Ouro Preto, MG. 277 p.
- FERREIRA, R. M.; FERNANDES, G.; GOMES, R. C.; MAURI, F. R.; SILVA, J. P. de S. e BIRCHAL, G. (2006). Utilização de Estéreis de Minério de Ferro em Estradas Não Pavimentadas Destinadas ao Tráfego de Caminhões Fora-de-estrada. 37ª Reunião Anual de Pavimentação/ 11º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, 37º RAPv/ 11º ENACOR, Goiânia, GO. nº. 04, seção 2.
- GOMES, Romero César (2006). Características Tecnológicas e Sistemas de Disposição de Resíduos de Mineração. Publicação do Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, 245p.
- SARAIVA, Sérgio L. C. (2006). Análise da Capacidade de Suporte da Estrutura de Pavimentos Rodoviários com Utilização de Solos Finos e/ou Resíduos de Mineração de Ferro Associados a Geossintéticos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, Ouro Preto, MG. 170p.
- SENÇO, Wlastermiler de (1997). Manual de Técnicas de Pavimentação. São Paulo: PINI, v. I.
- SOUZA, Murillo Lopes de (1981). Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis. IPR, Publ. 667, 3. Ed. atual. Rio de Janeiro. 33p.
- THOMPSON, R. J. e VISSER, A. T. (1999). Designing and Managing Unpaved Opencast Mine Haul Roads for Optimum Performance. American Society of Mining Engineers (SME) - Annual Meeting and Exhibition, Denver, CO., EUA, 1-3.

# Reflexão sobre a ética em trabalhos de pesquisa

**Protasio Ferreira e Castro**

Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa / UNIGRANRIO

**Jacqueline de Cassia Pinheiro Lima**

Coordenadora da Escola de Educação / UNIGRANRIO

## RESUMO

*O presente trabalho apresenta considerações sobre ética no desenvolvimento de pesquisas, especialmente para a área tecnológica. Além disto, faz sugestões para aperfeiçoar o trabalho de execução das teses, dissertações, monografias e trabalhos de iniciação científica.*

## 1. INTRODUÇÃO

Criar Ciência e Tecnologia é uma atividade que fornece conhecimentos fundamentais necessários para satisfazer inúmeras necessidades da sociedade. Portanto, o desenvolvimento em Ciência e Tecnologia está diretamente relacionado à Educação como um todo.

Neste trabalho, considera-se a Educação o processo de desenvolvimento da capacidade física, intelectual e moral do ser humano com objetivo de integrá-lo, como indivíduo, à vida social, tornando-o útil à comunidade na qual exerce suas atividades cotidianas. Portanto, educação é algo dinâmico, contínuo e diversificado no decorrer da história da humanidade. Entretanto, no dia-a-dia, a palavra educação tem sido utilizada de diversas formas, incitando diversas significações: educação profissional, educação básica, homem educado etc. A educação profissional, por exemplo, tem um significado de treinamento, talvez com base ou origem militar dos termos instrução, adiestramento e apresamento. O *Oxford English Dictionary* afirma que o termo treinamento entrou no mundo da linguagem em torno do ano de 1440.

Por outro lado, a educação em seu aspecto mais amplo deixou para trás sua forma humanista para tornar-se tecnológica. A educação humanista, com aspectos filosófi-

cos, éticos e religiosos, cedeu lugar à educação tecnológica, com seus aspectos de produção industrial, nas áreas da biomedicina e da engenharia. Por esta razão, na educação para inserção do profissional na miniaturização do globo terrestre, tornou fundamental a interação e o ritmo da troca de informações entre parceiros do processo produtivo e do mercado como um todo. Nesse quadro, educar passou a ser: transformar recursos humanos em profissionais capacitados e habilitados às exigências de mercado. Logo, o produto final da educação é o profissional que tem em si armazenado um conjunto de informações que o capacita e pode habilitá-lo às exigências de mercado. Assim é que a velocidade com que as recentes informações são inseridas na formação profissional torna o produto final da educação atraente ou obsoleto às exigências de mercado. Neste sentido, enfatize-se que não se deve reduzir a formação humana somente aos interesses do capital, mas garantir a formação técnica, fundamentada em sólida educação científica e cultural, ressaltando que lazer, trabalho, ciência e cultura são inseparáveis da formação humana.

Uma análise mais voltada para atualidade mostra que a *educação a distância* é outra vertente que enfatiza o conceito de *globalização da educação*, aqui atribuído ao ritmo da troca de informações, realizada por intermédio de ciên-

cia e tecnologia. Se o ensino tradicional é centrado no professor ou instrutor, que é o agente ativo do processo, e no aluno que é o agente passivo, no qual o aluno recebe as informações e trata de memorizá-las para posteriormente desenvolvê-las, o uso da transmissão de informações no processo da educação, via satélite ou pela rede de computadores, é uma ferramenta que possibilita ao próprio aluno um acesso quase ilimitado à informação. Entretanto, possibilita a transmissão da educação que interessa a quem a emite, o que nem sempre coincide com os interesses de quem a consome ou recebe. Neste caso, o processo de *educação a distância*, com transmissão de cursos pela utilização de satélites ou pela rede de computadores *on line*, estende o fenômeno da *globalização* para formação de pessoal em quase todas as áreas do conhecimento e questiona o conceito de soberania das nações.

Pelo exposto, pode-se afirmar, também, que educar é uma atividade que fornece conhecimento fundamental necessário para satisfazer inúmeras necessidades da sociedade. Logo, a Educação está diretamente relacionada ao comportamento humano e mais especificamente à Ética.

A palavra ética deve ser preocupação constante no dia-a-dia, já que é algo que vai se tornando obsessivo ou também pode ser ponto desprezado nos centros tecnológicos mais importantes do mundo. Estes centros tecnológicos muitas vezes evitam olhar as coisas sob uma perspectiva mais longa, de muitas gerações, e procuram estudar as coisas como elas estão acontecendo, no momento. Esta forma de olhar o presente e o futuro por si só já exige uma análise mais profunda, que foge à proposta do presente texto, notadamente na discussão da diferença entre a ética e a moral.

O presente trabalho apresenta algumas idéias sobre ética no desenvolvimento de pesquisas, especialmente para a área tecnológica. Além disto, faz algumas sugestões para otimizar o trabalho de execução das teses, dissertações, monografias e trabalhos de iniciação científica.

## 2. CONCEITO DE RIGOR ACADÊMICO

As perspectivas de alguns autores sobre a pesquisa acadêmica, como um trabalho que além de muita inspiração merece total imaginação, são focos de inúmeras discussões entre diversos segmentos da academia. Nesse sentido, Wright Mills, em *A imaginação sociológica* (1965), abor-

da a busca pela erudição e a idéia de que as experiências vividas influenciam no trabalho intelectual.

Entretanto, ele escreve que tais experiências devem ser guardadas em arquivos pessoais para que jamais sejam esquecidas, pois, embora cada experiência seja única, é bom que não se mantenha disperso os materiais analisados. O essencial para Mills é que o objeto a ser estudado sempre seja a preocupação, e o arquivo nada mais é do que a organização e empenho deste objeto.

Além disso, para que o pesquisador nunca se disperse, ele deve, a todo o momento, estar pensando em seu objeto, indagando-o e conhecendo-o e tomando cuidado para que o teórico e o empírico caminhem lado a lado. Desta forma, segundo Mills, quando o pesquisador se indaga o tempo todo e se preocupa com o cerne de seu objeto, ele define o problema, relaciona as definições feitas e reformula a todo tempo as questões levantadas. Para isso, o pesquisador deve conhecer um pouco de tudo, até mesmo saber o que não é necessário às suas abordagens, estimulando, assim, a imaginação.

Por outro lado, Adolfo Sanchez Vazques (2002) chama a ciência de “*uma forma específica de comportamento humano*”. Vazques discute alguns dos problemas que abarca a ética nos dias de hoje, percebendo como algumas definições sobre a moral tornaram-se um problema através dos séculos. Assim é que a ciência desenvolvida na universidade tem como características fundamentais o “rigor” e a “ética acadêmica”, como demonstração da qualidade de uma pesquisa. A comunidade acadêmica reconhece que estas características são partes integrais de uma pesquisa conduzida de forma séria e responsável.

Os conceitos de rigor e de ética acadêmica são adquiridos mediante a prática de tarefas de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico, ainda que na realidade se reconheça que ambos são mais um problema de prática do que de projeto. Portanto, é a prática da pesquisa que fomenta os conceitos de rigor e ética acadêmica, não o projeto de uma pesquisa.

Os especialistas em pesquisa identificam o rigor acadêmico nas seguintes formas:

- **Organização** – identificada pela existência de planejamento da pesquisa, isto é, que está refletida nos aspectos da seqüência com que o pesquisador organiza seu trabalho;
- **Precisão** – identificada pela especificidade com que o problema e sua abordagem são tratados e que será

seguida como condição fundamental do planejamento da pesquisa dentro dos limites das afirmações teóricas que sustentam a investigação;

- **Exatidão** – identificada pela veracidade dos registros e pelos dados experimentais publicados, isto é, os dados experimentais deverão ser registrados de forma exata dentro de um grau de exatidão concordante com os graus de exatidão dos equipamentos de medição utilizados no programa experimental;

- **Reprodutibilidade** – identificada pela possibilidade de todos os dados experimentais gerados na pesquisa serem verificados e reproduzíveis dentro de um erro estatístico admissível.

### 3. CONCEITO DE ÉTICA ACADÊMICA

Independentemente da área de atuação ou do nível acadêmico, os pesquisadores adotam um código interno, não escrito, de ética na prática acadêmica, que direciona ou regulamenta sobre a prática cotidiana da ciência. Nesse caso, pode-se citar:

- Os procedimentos experimentais e teóricos devem ser informados de forma exata, permitindo que outros pesquisadores possam repetir o trabalho se assim o desejarem;

- Os dados informados devem ser completos e corretos. Além disso, os limites de variação ou erros devem ser informados. Os pesquisadores não devem suprimir os dados que não se encaixem em seus resultados experimentais;

- A interpretação dos dados deve ser realizada de forma objetiva. Os preconceitos e as expectativas prévias não devem interferir no processo de análise dos dados experimentais. Os fatores não científicos, como política ou expectativas do agente financiador do projeto, não devem influenciar as análises realizadas.

Deve-se dar crédito a quem merece. Espera-se que os pesquisadores citem os autores de quem foram obtidas as informações e aquelas pessoas que ajudaram significativamente na investigação. Ninguém deve ser citado apenas porque exerce cargo na instituição de desenvolvimento ou de fomento da pesquisa.

### 4. FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS E CONDUTAS PRÁTICAS

Os fundamentos básicos para elaborar um projeto de pesquisa podem ser os mais variados, mas dois de-

vem ser significativamente considerados: os fundamentos filosóficos e as condutas práticas.

No aspecto dos fundamentos filosóficos, considera-se importante:

- como funciona a ciência e como trabalham os pesquisadores (método científico);
- a diferença entre a ciência e a tecnologia (contribuição ao avanço da ciência x desenvolvimento tecnológico);
- a diferença entre a ciência “comum” e a “revolucionária”.

Os aspectos das condutas práticas incluem:

- a geração de idéias;
- o desenvolvimento de projetos;
- a elaboração e apresentação de proposta de pesquisa;
- comunicação informal da proposta.

#### 4.1 O processo de orientação

Considera-se que, nos trabalhos de conclusão de cursos de graduação, de iniciação científica, de monografias da especialização, de dissertação de mestrado e de doutorado, os discentes tenham um orientador que os possa instruir sobre a prática adequada do rigor e da ética acadêmica dentro do desenvolvimento da pesquisa.

O orientador de uma pesquisa, portanto, é um facilitador da aprendizagem, incentivador do pensamento crítico do pesquisador, neste caso mostrando o caminho de onde se podem extrair respostas às suas indagações. Nesse processo, o pesquisador é quem deve ser o ator principal. O orientador entra em cena só nos casos em que houver um desvio grande entre o objetivo do projeto e os resultados obtidos.

Quando praticada adequadamente a orientação da pesquisa, podem-se resolver muitos problemas de forma e de fundamentos. Por exemplo, se não se fundamenta corretamente a hipótese ou a abordagem da solução do problema central da pesquisa, o orientador pode perguntar: existem outros caminhos possíveis para solução do problema? Ou quando se observa que há evidência experimental que não se ajusta muito bem com a hipótese, o orientador direciona o prosseguimento da pesquisa por meio da afirmação: “parar neste momento e revisar a hipótese de novo”. Também no caso de o pesquisador retirar uma conclusão precipitada de seu trabalho, ao orien-

tador caberá a pergunta: que evidências experimentais sustentam estas conclusões?

Neste processo de orientação, o importante não é o quanto o orientador fala e discute com o pesquisador, mas o quanto direciona o pesquisador para tomar uma decisão correta para aquela ocasião. Portanto, um bom orientador otimiza as oportunidades de aprendizagem do pesquisador.

#### 4.2 Regras e função do orientador

Em geral, as intenções de definir as regras do orientador têm-se concentrado no que este indivíduo não deveria fazer, por exemplo, não deve resolver os problemas do pesquisador. Considera-se que a principal função do orientador é ser guia e supervisor da pesquisa, ajudando a criar e inovar ciência e tecnologia e, ainda, analisar e concluir com rigor científico.

Além disto, é importante enfatizar que o orientador está neste processo para ajudar o pesquisador, dar-lhe ânimo, apoiá-lo, organizando-o, realimentando-o sobre o avanço e a qualidade de seu trabalho de pesquisa. Portanto, um orientador deve seguir as seguintes regras adicionais:

- escutar o pesquisador com atenção e nunca menosprezar seu apoio;
- estimular o desenvolvimento do pensamento crítico do pesquisador;
- desafiar a demonstração das suposições plantadas pelo pesquisador;
- realimentar o pesquisador sobre o avanço e a qualidade do trabalho;
- guiar e facilitar a aprendizagem do pesquisador;
- proporcionar informação científica e/ou tecnológica pertinente e adequada.

#### 4.3 Obrigações éticas do autor

As obrigações éticas do pesquisador, autor, envolvem os seguintes aspectos:

- apresentar uma versão precisa da pesquisa realizada, assim como uma discussão objetiva de seu significado;
- o texto deverá conter detalhes e referências para que outros pesquisadores possam repetir o trabalho de confirmação científica;
- deve citar aquelas publicações que foram utilizadas na investigação;
- manter-se em nível respeitoso às críticas que realizar

aos trabalhos revisados, principalmente quando se tratar de pesquisas experimentais;

- toda contribuição pessoal e significativa realizada por colegas do autor deve ser agradecida e indicada no local adequado do texto;
- não divulgar informações obtidas de forma particular, a menos que seja obtida permissão explícita da fonte de origem.

#### 4.4 Obrigações éticas do orientador

As obrigações éticas do orientador envolvem os seguintes aspectos:

- garantir que o trabalho realizado seja de qualidade profissional;
- julgar objetivamente a qualidade do conteúdo do texto;
- estar atento à omissão da citação de outros pesquisadores cujos trabalhos relevantes tenham sido consultados;
- manter o sigilo do tema nas discussões com outros orientadores que não participam da rede de informações de qualidade da área de especialização;
- posicionar adequadamente o nome do pesquisador e do orientador nas publicações.

### 5. PESQUISA E TEXTOS TÉCNICOS

O presente texto foi elaborado com o objetivo de otimizar o trabalho de execução das teses, dissertações e trabalhos de iniciação científica.

Umberto Eco (1977) foi um dos autores consultados e de seu trabalho foram escolhidos alguns conceitos para serem evidenciados. Três conceitos necessários para a relação de trabalho entre orientador e aluno são:

1. A tese de doutorado é um trabalho original de pesquisa, com o qual o candidato deve demonstrar ser um estudioso capaz de fazer avançar o tema/ assunto a que se dedica;
2. A dissertação de mestrado é um trabalho original de pesquisa, com o qual o candidato deve demonstrar ser um conhecedor do tema/ assunto a que se dedica;
3. O trabalho de iniciação científica é parte de um trabalho original de pesquisa, com o qual o aluno de graduação deve demonstrar vocação científica e desenvolvimento do pensar cientificamente;

4. A monografia de especialização é um trabalho original de compilação e crítica à literatura, com o qual o candidato deve demonstrar estar atualizado com o tema/assunto do curso e do texto elaborado.

Teses e dissertações podem ser de pesquisa e de compilação. Numa tese/dissertação de compilação, o estudante apenas demonstra haver compulsado criticamente a maior parte da literatura existente e ter sido capaz de expô-la de modo claro, buscando harmonizar os vários pontos de vista e oferecendo assim uma visão panorâmica inteligente, talvez útil sob o aspecto informativo mesmo para um especialista do ramo que, com respeito àquele problema específico, jamais tenha efetuado estudos aprofundados.

Faz-se necessário notar que a compilação é um ato de seriedade da parte do estudante que, antes de propriamente iniciar a pesquisa, deseja esclarecer algumas idéias, documentando-se muito bem.

Elaborar um trabalho de pesquisa significa:

- identificar um tema preciso;
- recolher documentação sobre o tema;
- pôr em ordem os documentos recolhidos;
- reexaminar em primeira mão o tema à luz da documentação recolhida;
- dar forma orgânica a todas as reflexões precedentes;
- escrever de forma clara para que o leitor possa compreender o que quis dizer e possa, se for o caso, recorrer à mesma documentação a fim de retomar o tema por conta própria.

Regras para escolha do tema:

1. o tema atende aos interesses do candidato;
2. as fontes de consulta são acessíveis;
3. as fontes de consulta estão ao alcance técnico/cultural do candidato;
4. o quadro metodológico da pesquisa está ao alcance da experiência do candidato

A escolha do tema muitas vezes traz ao discente a tentação de fazer uma tese/dissertação panorâmica, isto é, abrangente. Isto torna o trabalho vulnerável à crítica dos examinadores. Ao fazer um trabalho sério sobre um tema específico e limitado, o discente, em relação à maioria dos examinadores de áreas da interface do tema, estará em vantagem. A vantagem está na posse de um acervo

limitado e específico, sobre o tema da tese/dissertação. O princípio fundamental para elaboração da tese/dissertação é: *“quanto mais se restringe o campo, melhor e com mais segurança se trabalha o tema”* (ECO, 1977:170).

Uma tese/dissertação pode ser ainda teórica ou experimental. Entretanto, um estudioso experimental imbuído de coragem não começa a controlar a reação de seus temas sem antes haver executado pelo menos um trabalho mais abrangente, caso contrário reinventa a roda.

Uma tese/dissertação serve para ensinar a coordenar idéias, independente do tema tratado. Por esta razão, uma dissertação de mestrado pode ser feita em seis a nove meses, desde que:

- o tema seja circunscrito;
- o tema seja atual ou marginal (quando pouca coisa foi escrita sobre o assunto);
- toda a documentação deve estar disponível e em local acessível à consulta.

Note-se que para referência bibliográfica não se pode fazer tese/dissertação sobre um tema, lendo apenas as obras escritas em português. Não se pode coletar bibliografia sem recorrer à internet e à biblioteca (seu sistema de empréstimo e de intercâmbio).

Outrossim, é científica uma tese, uma dissertação, uma monografia ou trabalho de iniciação científica quando:

1. o estudo trata de um “objeto” reconhecível e definido de tal maneira que seja igualmente reconhecível pelos outros. Por esta razão, definir o “objeto” significa, então, definir as condições sob as quais o candidato fala, com base em regras que foi por ele ou por outros estabelecidas.
2. o estudo deve dizer do “objeto” algo que ainda não foi dito ou rever sob uma óptica diferente o que já se disse. Para Eco (1977): *“Um manual de instruções sobre como fazer uma casinha de cachorro não constitui trabalho científico, mas uma obra que confronte e discuta todos os métodos conhecidos para construir a casa de cachorro apresenta algumas modestas pretensões ao cientificismo. Um trabalho de compilação só tem utilidade científica se ainda não existir nada de parecido naquele campo. Havendo já obras comparativas sobre sistema de construção de casinhas de cachorro, fazer outra igual é pura perda de tempo, quando não plágio”*.

3. o estudo deve ser útil aos demais, isto é, um trabalho é científico se acrescentar algo ao que a comunidade já sabia.
4. o estudo deve fornecer elementos para a verificação e a contestação das hipóteses apresentadas.

O bom de um procedimento científico é que ele nunca faz os outros perderem tempo: *“até mesmo trabalhar na esteira de uma hipótese científica para depois descobrir que ela deve ser refutada significa ter feito algo positivo sob o impulso de uma proposta anterior”* (ECO, 1977:170).

Por utilização inadequada de trabalho científico ou apropriação de idéias entende-se:

- a utilização de dados experimentais que só podiam ter sido recolhidos fazendo essa dada experiência;
- a apropriação da transcrição de manuscritos raros que nunca tivessem sido transcritos antes de o autor da tese/dissertação o haver feito;
- a utilização de dados estatísticos que ninguém havia coletado antes do autor da tese/dissertação, sem menção da fonte;
- a utilização de traduções, que o autor da tese/dissertação fez, de textos que não tinham sido traduzidos ou o foram de maneira diferente.

As fontes podem ser primárias ou secundárias, dividindo-se em obras citadas no corpo da tese/dissertação ou obras consultadas para elaboração da tese/dissertação sem que tenham sido citadas no texto corrente do trabalho. Desta forma, escolhido o tema, o discente deve necessariamente examinar-se no que se refere:

- a sua preparação para ler a bibliografia, sobre o assunto, a ser citada no corpo do trabalho;
- onde pode encontrar a bibliografia fundamental para o tema;
- se possui condições para compulsá-las.

Uma vez feita a pesquisa bibliográfica mostre-a ao orientador, discuta o que leu e o prosseguimento do trabalho. Por esta razão, inicie seu projeto de tese/dissertação escrevendo o título, a introdução e o índice. Redigir o índice como hipótese de trabalho serve para definir o âmbito da tese/dissertação. A reestruturação do índice final será mais bem feita se contar com um ponto de partida. A partir do índice, escreva um resumo daquilo que, como candidato ao grau de

mestre ou doutor, pretende apresentar em cada capítulo da tese/dissertação. De posse desses resumos e do índice, escreva a introdução (comentário analítico do índice), isto é,:

- o objetivo do trabalho (mostrar, apresentar) e a definição do problema da engenharia;
- a coleta bibliográfica (problemas encontrados pelos diversos autores, a proposta de análise e resolução do problema através dos diversos autores e a insuficiência de dados);
- como será abordado o tema nos diversos capítulos;
- concluir esta introdução fixando os limites do trabalho e a racionalidade do desenvolvimento da pesquisa.

A introdução serve para estabelecer qual será o núcleo e a periferia da tese/dissertação. Desta forma, os examinadores exigirão mais do candidato no que ficou definido como núcleo. Para definir o núcleo, o estudante deverá saber algo sobre o material bibliográfico de que dispõe.

O pesquisador deve lembrar-se que:

- enquanto não for capaz de redigir um índice e uma introdução, não poderá afirmar que está com um tema de tese/dissertação, ou seja, desenvolvendo sua tese/dissertação;
- índice e introdução serão continuamente reescritos à medida que o trabalho progride;
- uma tese/dissertação só possui dois capítulos definidos: introdução e conclusões. A escolha do “recheio” é muito importante, mas é de sua escolha, inclusive no que se refere ao nível de detalhamento.

O que distinguirá a primeira e a última redação da introdução é o fato de na última o candidato prometer muito menos que na primeira, mostrando-se mais cauteloso. O objetivo da introdução definitiva será ajudar o leitor ou o examinador a penetrar na tese/dissertação. Por esta razão, no texto da introdução final não prometa o que não será capaz de cumprir.

Igualmente, numa tese experimental, o pesquisador deverá partir do plano indutivo (do qual se parte de algumas provas para a proposição de uma teoria), sem que seja descartado o plano dedutivo (no qual aparece primeiro a proposição teórica e depois suas possíveis aplicações a exemplo concreto).

Uma vez disposto o índice, como hipótese de trabalho, as fichas do arquivo de leitura ou do arquivo biblio-

gráfico deverão referir-se aos vários pontos deste índice inicial. Um índice inicial pode permitir ao discente trabalhar na parte que se sinta mais bem documentado e seguro.

As fotocópias são um instrumento indispensável para elaboração da tese, dissertação ou trabalho de iniciação científica. Entretanto, possuir a cópia xerox de um artigo ou de um capítulo de um livro não significa que o discente absorveu o conteúdo. Possuir a cópia pode dar a sensação de ter lido, porém a absorção só ocorre quando o estudante faz anotações. Aconselha-se que sejam anotados os seguintes dados:

- indicação bibliográfica precisa;
- informações sobre o autor;
- resumo do que foi lido;
- citações (o que deve ser citado em sua tese, dissertação ou trabalho de iniciação científica com indicação precisa da página);
- comentários pessoais;
- indicação de localização em sua tese, dissertação ou trabalho científica, isto é, capítulo a que está ligado.

Algumas recomendações importantes para o trabalho de escrever a tese, dissertação ou trabalho de iniciação científica:

1. Escreva a tese, dissertação ou trabalho de iniciação científica em termos impessoais ou voz passiva.
2. Não use reticências, não use ponto de exclamação e não faça ironias.
3. Ao escrever a tese, dissertação ou trabalho de iniciação científica lembre-se de definir todos os termos técnicos que não forem consagrados.
4. Defina os símbolos e as siglas assim que aparecerem pela primeira vez no corpo do trabalho.
5. Nada de escrever períodos longos. Se em determinado momento não ocorrer a forma de reduzir o período, marque-o para desmembrá-lo posteriormente. Elimine o excesso de pronomes e de subordinadas.
6. Abra parágrafos com frequência, não o faça apenas para uma frase, a menos que seja extremamente necessário.
7. Inicialmente escreva o que lhe vem a cabeça, como se fora um rascunho; depois trabalhe a redação final.
8. Não há necessidade de começar a tese, dissertação ou trabalho de iniciação científica pelo primeiro capítulo.

9. A qualidade do texto reflete o caráter e a reputação do trabalho do autor.
10. Qual o tipo de público que estaria interessado no seu trabalho e por quê?
11. Se o trabalho é original, o que o pesquisador considera realmente novo no seu trabalho?
12. Quais as partes de seu trabalho que devem ser ressaltadas?
13. Quais as partes que não foram trabalhadas em destaque?
14. A maneira mais eficiente de concluir sua tese, dissertação ou trabalho de iniciação científica é escrever sua crítica a seu próprio trabalho, apontando o que é significativo e porque os resultados são válidos.
15. Escreva recomendações e sugestões, considerando-as como uma forma de mostrar seu conhecimento sobre o assunto e o prosseguimento do estudo.

Por fim, ao terminar de redigir sua tese, dissertação, monografia ou trabalho de iniciação científica, tente responder às seguintes questões:

1. O assunto é de interesse para linha de estudos do grupo de pesquisa no qual está inserido?
2. O assunto é de interesse para a comunidade de engenharia na cidade, estado ou país?
3. O assunto é de valor significativo, isto é, original?
4. O trabalho progrediu o suficiente para merecer ser publicado?
5. O leitor foi orientado corretamente no capítulo "introdução"?
6. Os conceitos básicos foram apresentados de forma clara?
7. Como candidato ao título, o autor mostrou conhecimento e segurança do assunto?
8. Se foram fornecidos dados: o volume de dados é suficiente, e os métodos são adequados para atingir resultados significativos?
9. As peculiaridades das condições experimentais foram consideradas?
10. As conclusões e recomendações estão fundamentadas nos dados obtidos?
11. Cada capítulo tem a extensão proporcional e adequada a sua importância no texto?
12. Os resultados significativos foram enfatizados?
13. As limitações dos resultados foram mostradas?

14. Foi dada a devida importância aos trabalhos de outros autores sobre o mesmo assunto ou da interface?

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, a sociedade brasileira exige a avaliação da qualidade dos produtos e serviços que lhes são oferecidos. Entretanto, os mecanismos e critérios para avaliação destes produtos e serviços variam no mercado e na comunidade acadêmica.

Por fim, o trabalho científico, acadêmico só poderá ser avaliado pela comunidade acadêmica em que está in-

serido. A forma de avaliação é a discussão crítica do trabalho, quando apresentado em congressos e periódicos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Professora Sonia Mendes pela paciência, as correções e os comentários ao texto deste trabalho e aos engenheiros Eduardo Fagundes, Bruno Bezerra Chagas e Deize Soares Curcio e às arquitetas Monika Schlegel e Fernanda Velasco Bizzo pela compilação de textos nas aulas e anotações que fizeram dos comentários durante as orientações de suas dissertações de mestrado e participação nas reuniões sobre as orientações de trabalho de pesquisa.

## Bibliografia

- ALBERONI, Francesco; VECA, Salvatore. *O altruísmo e a moral*. 2. ed. Rio de Janeiro: Rocco, 1992.  
ECO, H. (1977) *Como se faz uma tese*. São Paulo: Editora Perspectiva, 1977.  
MILLS, Wright. *A Imaginação Sociológica*. Rio de Janeiro: Zahar, 1965.  
*Shorter Oxford English Dictionary* (OED): Oxford University Press, Ely House, London, W1. - Third Edition, 1968.  
VÁZQUEZ, Adolfo Sánchez. *Ética*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2002.

.....

# 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](mailto:redacao@revistapavimentacao.org.br)



Gostaria de parabenizar os autores do artigo técnico “Análise reológica de ligantes modificados com borracha”, publicado na edição passada da Revista. A reciclagem de pneus é sem dúvida um assunto que merece todo o tipo de aprofundamento acadêmico, e no texto percebemos o quanto a pavimentação tende a se aproveitar deste material da indústria pneumática. Parabéns a Luciano Pivoto Specht, Pedro Augusto P. Borges e Jorge A. Pereira Ceratti.

Deolinda Ferreira Cztiar – Londrina, PR

De fato, os efeitos psicológicos oriundos dos acidentes de trânsito são um capítulo à parte na trágica história dos acidentes rodoviários no País. Pouco se aborda esta dimensão do ser humano. São traumas e emoções que se expraiam muitas vezes pelo resto da vida das vítimas e de seus familiares. A reportagem da edição de setembro foi precisa ao tratar das perspectivas das técnicas voltadas para a prevenção e correção em torno da segurança nas estradas brasileiras.

Rodrigo S. Antunes Filho – São Paulo, SP

# Avaliação das propriedades plásticas de misturas asfálticas com incorporação de borracha de pneus através dos processos úmido e seco

**Luciano P. Specht**

specht@unijui.tche.br

**Jorge A. P. Ceratti**

lapav1@genesis.cpgec.ufrgs.br

**Lélio A. T. Brito**

leliobrito@terra.com.br

**Liedi L. B. Bernucci**

liedi@usp.br

## RESUMO

As principais manifestações de mau desempenho estrutural de um pavimento são os trincamentos e as deformações plásticas excessivas. As deformações plásticas em trilhas de roda representam uma patologia comum nas rodovias brasileiras e, quando acentuadas, agravam os fenômenos de hidroplanagem, spray e espelho noturno. Esta pesquisa estudou, em laboratório, as propriedades plásticas de misturas asfálticas preparadas com a inclusão de borracha de pneus. Foram testadas, além de uma mistura de referência, três misturas com ligante asfalto-borracha (processo úmido) e quatro misturas borracha-agregado (processo seco). Os ensaios realizados foram o creep dinâmico com confinamento (@45°C) e o ensaio de ATR (Afundamento em Trilhas de Roda) em simulador de tráfego tipo LCPC (@60°C). Os resultados indicaram que as misturas preparadas com o processo úmido de inclusão de borracha conduzem a misturas capazes de reduzir as deformações plásticas acumuláveis na superfície do pavimento.

## ABSTRACT

The main structural pavement distress modes are cracking and excessive plastic deformation. The plastic deformation in wheel tracks represents a common pathology in Brazilian roads and, at developed stages, they magnify the hydroplaning phenomena, spray and night mirror. This research studied in laboratory the plastic properties of asphalt mixes prepared with the inclusion of tires rubber. It was tested, further to a control mix, 3 mixes with asphalt-rubber (wet process) and 4 mixes rubber-aggregate (dry process). The tests performed were the dynamic creep with confinement (@45°C) and LCPC traffic simulator (@60°C). The results indicated that the asphalt-rubber mixes prepared by the wet process lead to mixes able to reduce the cumulative plastic deformations in the surface of the pavement.

## PALAVRAS-CHAVE

Asfalto-borracha; borracha-agregado; deformação permanente; ensaios laboratoriais.

## 1. INTRODUÇÃO

Podemos definir pavimento como uma estrutura formada por múltiplas camadas capazes de suportar a ação danosa do tráfego e do meio ambiente. O desempenho

de um pavimento é condicionado por um complexo conjunto de fatores, entre eles as propriedades físicas e mecânicas das camadas que o constitui.

A degradação de pavimentos está associada a várias patologias, entre elas: deformações permanentes excessi-

vas, fissuras de fadiga e de retração térmica e desagregação. As duas primeiras estão mais relacionadas com o tráfego atuante e a estrutura do pavimento, enquanto as duas últimas com as características dos materiais utilizados e as condições climáticas atuantes.

As misturas asfálticas são freqüentemente utilizadas nos pavimentos como camadas de revestimento. Os mais severos defeitos que ocorrem em estruturas flexíveis se refletem no revestimento e permitem identificar dois modos distintos de solicitação mecânica: flexão repetida, responsável pela fadiga do material (associada ao trincamento do revestimento ou de camadas cimentadas), e a compressão simples, que conduz ao acúmulo de deformações permanentes.

As deformações plásticas em trilhas de roda causado pelo tráfego pesado, especialmente lento e canalizado, conjugado a altas temperaturas, representam uma patologia comum nas rodovias brasileiras. Afundamentos acentuados indicam a ruptura do pavimento, bem como acentuam os fenômenos de hidroplanagem, *spray* e espelho noturno.

Desde a década de 1960, nos Estados Unidos e na Europa, existem relatos de utilização de borracha reciclada em misturas asfálticas (RRL, 1962; ZANZOTTO e KENNEDY, 1996; CARLSON e ZHU, 1999) e, mais recentemente, numerosas pesquisas têm verificado os benefícios da adição destes materiais poliméricos aos ligantes e misturas asfálticas (BAHIA e DAVIES, 1995; SAINTON, 1990; FAGER, 1996; EPPS, 1997; TAKALLOU *et al.*, 1997; SOUSA *et al.*, 1999; ODA, 2000; LEITE *et al.*, 2000; BERTOLO, 2002; WAY, 2003; SPECHT, 2004; SPECHT, 2007).

Este trabalho tem como objetivo a avaliação, em laboratório, das propriedades plásticas de misturas asfálticas tipo concreto asfáltico preparadas com a inclusão de borracha de pneus através do processo seco (borracha-agregado) e úmido (asfalto-borracha) de incorporação.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Deformações Permanentes

O ATR (Afundamento em Trilhas de Roda) é causado pela combinação da densificação (redução de volume) e da distorção cisalhante dos materiais, o que acontece em uma ou mais camadas do pavimento (SOUSA *et al.* 1991). Brown e Cross (1991) realizaram amplo estudo a respeito do ATR, em rodovias norte-americanas, e apresentam indicativos importantes para dosagem das misturas bem

como modelos de previsão de ATR *in situ*. Os autores ressaltam a importância do volume de vazios estar acima de 3% (mesmo após densificação pelo tráfego) e da utilização de agregados com faces britadas.

Monismith *et al.* (1989) elencaram a textura superficial do agregado, a granulometria da mistura, a rigidez do asfalto, o grau de compactação, a sensibilidade à água e o teor de ligante como os mais importantes fatores que influenciam a resistência de uma mistura asfáltica à deformação permanente.

Diversas pesquisas avaliaram a resistência das misturas asfálticas através de ensaios de laboratório, entre eles Brown e Bell (1979), Brown e Gibb (1996), Merighi (1999), Brown *et al.* (2001) e Viana *et al.* (2003).

A quantificação da deformação permanente dos materiais de pavimentação depende fortemente do método de ensaio e da maneira de preparação das amostras. Estas variações, conjugadas com as incertezas do tráfego e das condições ambientais, tornam a previsão do ATR extremamente difícil (HUANG, 1993).

### 2.2. Utilização de borracha de pneus em misturas asfálticas

Segundo Zanzotto e Kennephol (1996), as primeiras inclusões de polímeros em alcatrões datam de 1823, quando T. Hancock patenteou um produto a prova d'água para impermeabilização de madeiras em cascos de navios. A primeira patente que combinou borracha natural com betume para utilização como material de construção de pavimentos foi feita por E. E. Cassel em 1844. As aplicações práticas de asfalto modificado começaram em 1901 em Cannes, na França.

Outra importante tentativa de se modificar as propriedades dos betumes com borracha data de 1898 na Inglaterra, cujo processo patenteado originava um produto chamado *rubber-bitumen*. Em 1930, primeiro na Holanda e depois na Inglaterra, começou-se a utilizar borracha granulada para melhorar as características dos ligantes, várias pesquisas foram começadas e interrompidas devido à Segunda Guerra Mundial (RRL, 1962).

As primeiras tentativas de se utilizar borracha de pneus inservíveis em asfalto datam da década de 1950, entretanto, o desempenho do material resultante não instigava os pesquisadores a continuar. Foi apenas na década de 1960, quando o engenheiro de materiais Charles

H. McDonald (funcionário da U.S. Bureau of Public Roads, hoje FHWA) atravessava o país em um *trailer* para inspecionar rodovias, utilizou uma mistura de pó de pneu com asfalto para selar trincas no teto do seu veículo. Ele observou que, com o passar de tempo, a mistura emborrachada não oxidava, ao contrário daquelas com asfalto convencional (CARLSON e ZHU, 1999).

Depois de aposentado, McDonald foi trabalhar na cidade de Phoenix, no Arizona, e então experimentou, para os usuais serviços de “tapa-buracos”, sua já conhecida mistura de pó de pneu e asfalto quente. Ele costumava misturar o pó com asfalto e deixava reagir por 45 minutos a uma hora para que um material com novas propriedades se formasse, o *asphalt-rubber* (CARLSON e ZHU, 1999).

No ano de 1963, foram publicados pelo HRB (*Highway Research Board*) os primeiros artigos científicos apontando para qualidades do novo material que surgia. Em 1975, por ocasião da publicação da edição especial sobre rodovias com baixo volume de tráfego, Schnormeler relatou pesquisas e constatações, muito bem-sucedidas, da aplicação de asfalto-borracha em ruas com baixo volume de tráfego na cidade de Phoenix (SCHNORMELER, 1975).

O material apresentou características tão favoráveis que, em 1968, o Departamento de Transportes do Arizona iniciou uma série de pesquisas envolvendo o *asphalt-rubber* principalmente como selante de trincas. Em 1975, foi então incorporado ao concreto betuminoso usinado a quente, obtendo ótimos resultados. Nos anos seguintes, outros estados, como Califórnia e Texas, também começaram a pesquisar, utilizando selantes na década de 1970 e CBUQ na década de 1980. O estado americano da Flórida desenvolveu, na década de 1980, um produto muito semelhante ao asfalto-borracha utilizando o resíduo de pneus em pequenas quantidades. Foi a maneira que o Departamento de Transportes da Flórida encontrou para evitar as questões legais envolvendo a patente do produto.

Paralelamente às descobertas de McDonald, no Arizona, surgiu, na Suécia, um processo denominado Rubit. Esse processo foi levado aos Estados Unidos pela empresa Pavetech e Bellevue, de Washington, e lá denominado PlusRide. Estavam sendo desenvolvidas tecnologias para aplicação da borracha no ligante (processo úmido) e diretamente na mistura asfáltica (processo seco).

Takallou e Hicks (1998) apresentaram uma revisão geral sobre a utilização de misturas com borracha no pro-

cesso seco. Com relação à composição granulométrica, os autores recomendam misturas descontínuas nas quais a borracha entra em substituição a uma fração de agregado.

A experiência sul-africana recomenda que, após a mistura da borracha com o agregado pré-aquecido (200-210°C) com o asfalto (140-160°C) a mistura deve ficar estocada a 180°C por, no mínimo, uma hora antes da utilização (VISSER e VERHAEGHE, 2000). De maneira semelhante, Gallego *et al.* (2000) ressaltam a importância do tempo de digestão (definido como o tempo necessário para interação entre o ligante e os grânulos de borracha) como fator dominante sobre o desempenho das misturas asfálticas modificadas com borracha. Os autores relatam problemas de desagregação da mistura observados em pista quando o tempo de cura não é considerado.

Vários estados americanos desenvolveram estudos a respeito da incorporação, via seca, de borracha em misturas asfálticas; têm-se observado bons resultados, principalmente em estados de clima frio. No Alaska, tem-se percebido as boas propriedades deste material, principalmente no que se refere à resistência à derrapagem e ao comportamento do material em períodos de degelo.

No Brasil, as primeiras experiências práticas sobre o assunto datam de 2001 para o processo úmido, que atualmente já é utilizado em mais de 1.000km de rodovias (processo Thermal Blending) e para o processo seco existem trechos experimentais em Santos, no Rio de Janeiro e em Porto Alegre.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Planejamento do Experimento

O planejamento do experimento contempla a preparação, em laboratório, de oito misturas em concreto asfáltico: uma de referência, sem borracha, três preparadas com ligante asfalto-borracha e quatro do tipo borracha-agregado.

Os ligantes asfalto-borracha foram preparados com teores de 6, 12 e 18% de borracha reciclada de pneus (em relação à massa do ligante). A mistura do ligante convencional CAP 20 e da borracha se deu em uma cuba térmica (T=180°C) e com misturador de alto cisalhamento (4000 RPM) durante 45 minutos (Figura 1-a).

As misturas borracha-agregado foram preparadas substituindo-se, em volume, 1% do agregado mineral por

borracha. Duas borrachas forma utilizadas, uma proveniente da mistura denominada 80/20 (mistura de 20% de borracha cisalhada com 80% borracha >#30), conforme sugestão de Takallou e Hicks (1988), e outra proveniente da raspagem de pneus no preparo para a recapagem (denominada de Raspa). Outra variável considerada foi o tempo de digestão das misturas 80/20 de 0, 1 e 2 horas.

O concreto asfáltico denso foi projetado seguindo as recomendações do Asphalt Institute (1995). A faixa adotada foi a IV B do Instituto do Asfalto (mesma que a B do DAER/RS), com tamanho máximo de granulares de 19mm. As amostras foram preparadas em um misturador mecânico e em cuba aquecida com óleo térmico (Figura 1-b); a compactação foi realizada por um compactador automático com 75 golpes por face. Maiores detalhes dos equipamentos e técnicas utilizados são detalhados por Specht (2004).



Figura 1 : Equipamentos utilizados para preparo das amostras: a) Misturador asfalto-borracha; b) Misturador de concreto asfáltico

As propriedades das misturas estudadas estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Nota-se que, como critério para definição do ligante, foi adotado o volume de vazios de 4,00%.

Tabela 1 – Propriedades das misturas preparadas com ligante convencional e asfalto-borracha

Variável	Especificação	CAP 20	Teor de Borracha no Ligante (%)		
			6%	12%	18%
Teor de Borracha no Ligante (%) <sup>1</sup>	—	0,00	6,00	12,00	18,00
Teor de Ligante (%)	—	4,75	5,15	5,75	6,25
Volume de Vazios (%)	3 a 5 <sup>2</sup>	4,00	4,00	4,00	4,00
Relação Betume Vazios (%)	75 a 82 <sup>2</sup>	75,00	75,00	78,00	78,00
Vazios do Agregado Mineral (%)	>14 <sup>2</sup>	15,80	16,50	18,00	19,00
Massa Específica Máxima Teórica (kN/m <sup>3</sup> )	—	2,63	2,62	2,59	2,57
Massa Específica Aparente (kN/m <sup>3</sup> )	—	2,53	2,50	2,49	2,47
Índice de Lamelaridade (DAER 108/01)	< 50 <sup>2</sup>	34	34	34	34
Passante #200	4 a 10 <sup>2</sup>	5,97	5,97	5,97	5,97
Relação #200/Betume (%)	0,8 a 1,6 <sup>3</sup>	1,26	1,16	1,04	0,95

Nota: <sup>1</sup>o teor de borracha é calculado em relação à massa da mistura AB; os ligantes foram preparados a 180°C durante 45 minutos com a borracha #30; <sup>2</sup>DAER ES 16/98; <sup>3</sup>SUPERPAVE™.

Tabela 2 – Propriedades das misturas borracha-agregado

Variável	Especificação	Raspa	80/20 <sup>3</sup>		
		Tempo de digestão (horas)			
		1	0	1	2
Teor de Ligante (%)	—	6,50	6,60	6,60	6,60
Volume de Vazios (%)	3 a 5 <sup>1</sup>	4,00	4,00	4,00	4,00
Relação Betume Vazios (%)	75 a 82 <sup>1</sup>	79,00	80,00	80,00	80,00
Vazios do Agregado Mineral (%)	>14 <sup>1</sup>	19,00	19,00	19,00	19,00
Massa Específica Máxima Teórica (kN/m <sup>3</sup> )	—	2,58	2,57	2,57	2,57
Massa Específica Aparente (kN/m <sup>3</sup> )	—	2,48	2,47	2,47	2,47
Índice de Lamelaridade (DAER 108/01)	< 50 <sup>1</sup>	34	34	34	34
Passante #200	4 a 10 <sup>1</sup>	7,40	6,83	6,83	6,83
Relação #200/Betume (%)	0,8 a 1,6 <sup>2</sup>	1,14	1,03	1,03	1,03

Nota: <sup>1</sup> DAER ES 16/98; <sup>2</sup> Superpave™; <sup>3</sup> 80/20 significa 20% de borracha cisalhada e 80% borracha >#30

### 3.2. Materiais Utilizados

Os agregados minerais utilizados nesta pesquisa constituem-se de rocha basáltica ácida da formação Serra Geral e areia de várzea. Segundo ABGE (1998), os basaltos são as rochas ígneas vulcânicas mais abundantes e sua maior ocorrência é na forma de derrames. No Brasil, constituem a Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, onde perfazem mais de 90% das rochas vulcânicas aí existentes. A mineralogia essencial é o plagioclásio cálcico (labradorita) (35-50%), augita (20-40%), magnetita ou ilemita (5-15%) e quantidades muito variáveis de matriz vítrea. A textura é afanítica, microgranular, por vezes amigdaloidal. No Quadro 1, são apresentadas as características dos agregados minerais utilizados nesta pesquisa.

O CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo) utilizado na pesquisa foram dois lotes do CAP 20 procedente da Refinaria Alberto Pascualini, em Canoas-RS. As características

do ligante utilizado estão sumarizadas no Quadro 2. O lote 1 foi utilizado para a preparação da mistura de referência e dos ligantes e misturas com asfalto-borracha e o lote 2 para a preparação da mistura borracha-agregado.

A borracha utilizada para a produção do asfalto-borracha é proveniente do desmonte criogênico de resíduo da produção de bandas de recapagem e possui tamanhos de grãos entre 0,15 e 0,80mm, superfície específica de 131656m<sup>2</sup>/kN, massa específica real de 11,46kN/m<sup>3</sup> e massa específica aparente de 3,90kN/m<sup>3</sup>. A Figura 2 apresenta uma fotografia digital e uma foto de microscopia eletrônica de varredura da borracha utilizada.

Para as misturas borracha-agregado foram utilizadas três borrachas diferentes: Cisalhada (apenas moagem mecânica) e >#30 (moagem mecânica + criogênica) – borrachas provenientes da produção de bandas de rodagem; Raspa – borracha proveniente da pre-

Quadro 1 – Características dos agregados utilizados

Propriedade	Método	Brita 3/4"	Brita 3/8"	Pó-de-Pedra	Areia
Absorção	DNER 081/98	0,623	0,623	—	—
Densidade	DNER 081/98	2,886	2,873	2,313	2,129
Índice de Lamelaridade	DAER 108/01	35,6%	30,5%	—	—
Sanidade	DNER 089/1984	2,4%			
Desgaste ou Perda à Abrasão	NBR 465/1984	17%			

Quadro 2 – Características dos ligantes utilizado

Ensaio	unid.	CAP 20 lote 1	CAP 20 lote 2
Ponto de Amolecimento	°C	49,1	45,5
Penetração a 25°C, 100g, 5 seg	dmm	56	56
Viscosidade Aparente a 60°C	Pa.s	2,270	2,420
Viscosidade Aparente a 135°C	Pa.s	0,329	0,375
Viscosidade Aparente a 155°C	Pa.s	0,138	0,158
Viscosidade Aparente a 175°C	Pa.s	0,072	0,082
Viscosidade Aparente a 195°C	Pa.s	0,045	0,053
Ponto de Fulgor	°C	314	318
Ductilidade a 25°C	cm	> 100	> 100
Massa Específica	g/cm <sup>3</sup>	1,0143	1,0162
Varição em Massa – Efeito de Calor e Ar (ECA <sup>1</sup> )	%	0,04	0,06
Cromatografia – SARA			
Saturados	%	—	8,1
Aromáticos	%	—	46,9
Resinas	%	—	23,5
Asfaltenos	%	—	21,5
Índice de instabilidade coloidal <sup>2</sup>	—	—	0,42

Nota: <sup>1</sup>: ECA = Efeito Calor e Ar; <sup>2</sup>:  $I_c = (A + S)/(R + Ar)$  onde A = Asfaltenos; S = Saturados; R = Resinas; Ar = Aromáticos.

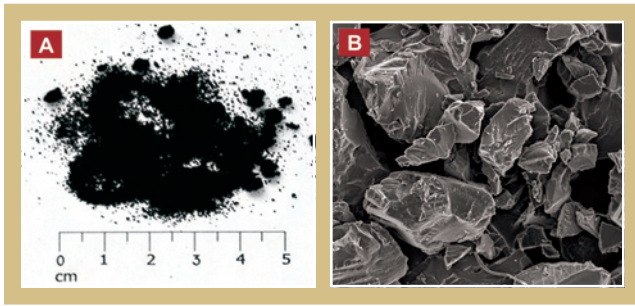


Figura 2: Borracha de pneu utilizada para a preparação do Asfalto Borracha:  
a) Fotografia digital; b) Imagem de MEV

paração da carcaça do pneu durante o processo de recauchutagem. As Figuras 3 e 4 apresentam fotos digitais e de microscopia eletrônica das borrachas utilizadas.

O peso específico das borrachas foram de 11,47kN/m<sup>3</sup> para a >#30, 11,38 kN/m<sup>3</sup> para a Cisalhada e 11,24 kN/m<sup>3</sup> para a Raspa e a superfície específica de 78808,36 m<sup>2</sup>/kN, 9797,98 m<sup>2</sup>/kN e 42614,92 m<sup>2</sup>/kN, respectivamente.

### 3.3. Ensaios Realizados

Utilizou-se para a avaliação das propriedades plásticas das misturas dois ensaios de laboratório: Ensaio de creep dinâmico com amostra confinada e ensaio em simulador de tráfego tipo LCPC.

#### 3.3.1 Ensaio de creep dinâmico com amostra confinada

O ensaio de creep dinâmico com amostra confinada trata-se de

um teste realizado a 60°C, em uma câmara triaxial, na qual é possível aplicar uma tensão confinante (137,8kPa) e uma tensão vertical pulsante (826,8kPa). Este ensaio é mais representativo, devido ao maior intertravamento e mobilização dos agregados pela tensão confinante, que o creep convencional (sem confinamento) (BROWN *et al.* 2001).

Alguns ensaios preliminares realizados em corpos de prova, testados nas condições descritas, apontaram para necessidade de redução da temperatura e/ou da tensão vertical. Manteve-se, então, o estado de tensões ori-

ginal e a temperatura adotada foi de 45°C. A frequência da aplicação de carga foi de 1Hz, com duração de 0,1s.

A realização do ensaio consiste em: i) condicionar as amostras com aplicação da tensão confinante de 137,8kPa e 30 repetições de carga com tensão normal de 640kPa; ii) aplicar uma tensão normal vertical de 826,8kPa durante uma hora (3.600 ciclos); iii) suspender a aplicação de carga e registrar as deformações de expansão da amostra durante 15 minutos. A deformação acumulada ao final deste período é considerada deformação permanente (ver Figura 5).

O equipamento utilizado é composto por um sistema de aplicação de carga e uma câmara triaxial, situados no interior de uma câmara com controle automático

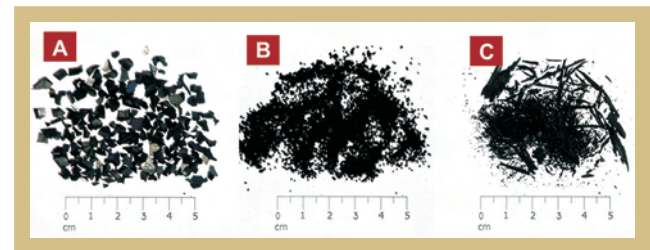


Figura 3: Fotos das borrachas utilizadas:  
a) Cisalhada; b) >#30; c) Raspa



Figura 4: Fotos de Microscopia Eletrônica de Varredura das borrachas utilizadas – aumento de 20X: a) Cisalhada; b) >#30; c) Raspa

de temperatura. O corte esquemático do equipamento pode ser visualizado na Figura 6.

#### 3.3.2 Ensaio em simulador de tráfego tipo LCPC

Os ensaios de deformação permanente, com a utilização do simulador de tráfego francês tipo LCPC (*Laboratoire Central des Ponts et Chaussées – essai d’orniérage*), foi realizado em acordo com a norma francesa NF P 98-253-1, no Laboratório de Tecnologia de Pavimentação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

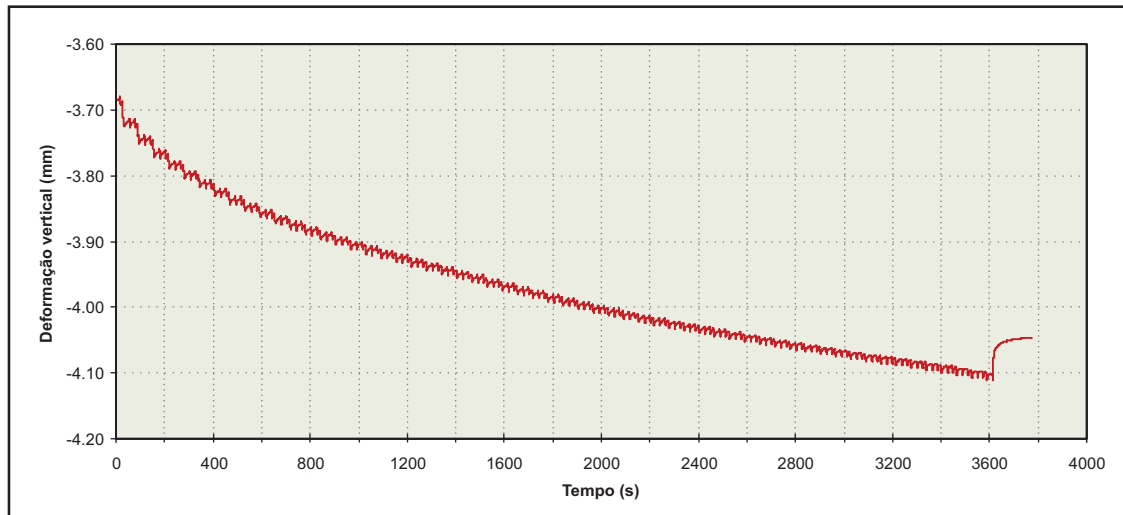


Figura 5: Resultado típico de um ensaio de creep dinâmico com confinamento

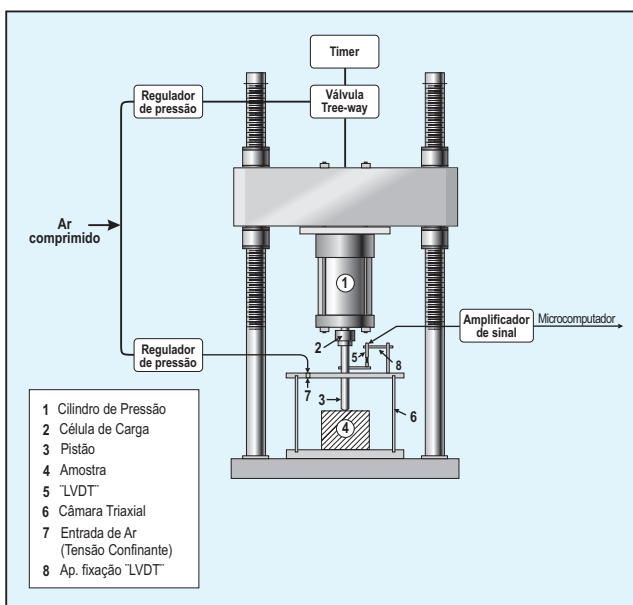


Figura 6: Corte esquemático do equipamento de creep dinâmico com confinamento

O simulador de tráfego francês utiliza um par de placas moldadas em mesa compactadora tipo LCPC. As dimensões dessas placas são: 180mm de largura, 500mm de comprimento e 50mm de altura. A compactação se dá por amassamento da mistura asfáltica pelo pneumático, alterando sua pressão de inflação e posição de passagem. Após a compactação, as placas são deixadas em repouso por um período mínimo de 48 horas. Na Figura 7 a e b estão apresentados, a mesa compactadora e o simulador de tráfego tipo LCPC.

O ensaio consiste em submeter duas placas iguais, uma em cada lado do equipamento, a carregamentos

repetidos (1Hz) de um pneu com pressão de inflação e carga reguláveis. A pressão de inflação dos pneus utilizada foi de 600kPa, enquanto a carga foi de 5,4kN e a área de contato 0,00935m<sup>2</sup> (pressão de contato igual a 577kPa). A aplicação da carga é feita em movimentos de ida e retorno da roda sobre a parte central do corpo de prova (sentido longitudinal). A temperatura utilizada no ensaio é de 60°C e a frequência de 1Hz. O sistema de leitura do afundamento da trilha de roda é feita por um conjunto de extensômetros no início do ensaio e após 100, 300, 1000, 3000, 10000 e 30000 ciclos. Merighi (1999), Brown *et al.* (2001) e Moura (2001) apresentam maiores detalhes a respeito da preparação das placas e da consecução do ensaio.

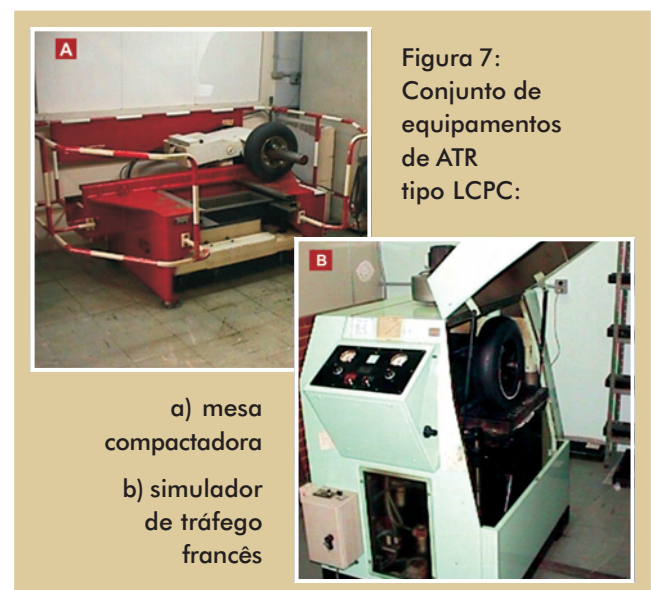


Figura 7: Conjunto de equipamentos de ATR tipo LCPC:

- a) mesa compactadora
- b) simulador de tráfego francês

#### 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Tabela 3 e a Figura 8 apresentam os valores de deformação plástica resultante dos ensaios de creep dinâmico. Como valor de referência, Brown *et al.* (2001) mencionam 13% de deformação como critério de aceitação para misturas ensaiadas a 60°C.

Nota-se a grande dispersão dos dados obtidos, ressaltados pelos altos valores de desvio padrão, no entanto, algumas conclusões podem ser traçadas: as misturas borracha-agregado, preparadas com a borracha 80/20, apresentam valores mais elevados de deformação plástica em relação à mistura de referência, enquanto que as misturas preparadas com a borracha Raspa apresentam

uma pequena redução nos valores de deformação plástica medidos. O tempo de digestão parece reduzir a deformação plástica.

As misturas preparadas com ligante modificado com borracha apresentam os menores valores de deformação plástica, notadamente, aquela preparada com 18% de borracha. Vale lembrar as misturas com asfalto-borracha possuem um teor de ligante bastante superior ao da mistura de referência e, mesmo assim, desempenho superior, ressaltando a efetiva melhoria ocasionada no ligante.

A Figura 9 apresenta os resultados de ATR versus nº de ciclos, medidos em simulador de tráfego tipo LCPC. Modelos do tipo potência ( equação 1) foram gerados para cada uma das três misturas ensaiadas (Referência,

Tabela 3: Valores de deformação plástica em ensaio de creep dinâmico com amostra confinada (T = 45°C)

Mistura	Deformação Plástica (%)				
	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão
Referência	9,81	4,65	6,25	6,90	2,64
AB 6%	4,57	2,92	7,69	5,06	2,42
AB 12%	7,01	5,71	2,78	5,17	2,17
AB 18%	2,21	4,83	2,13	3,06	1,54
80/20 <sup>1</sup> sem cura	14,49	11,81	7,00	11,10	3,80
80/20 <sup>1</sup> com 1 hora de digestão	7,25	14,23	9,56	10,35	3,56
80/20 <sup>1</sup> com 2 horas de digestão	9,64	10,45	9,35	9,81	0,57
Raspa com 1 hora de digestão	4,68	5,63	5,29	5,20	0,48

Nota: <sup>1</sup> 80/20 significa a composição 80% da borracha cisalhada mecanicamente e 20% da borracha criogenia > #30.

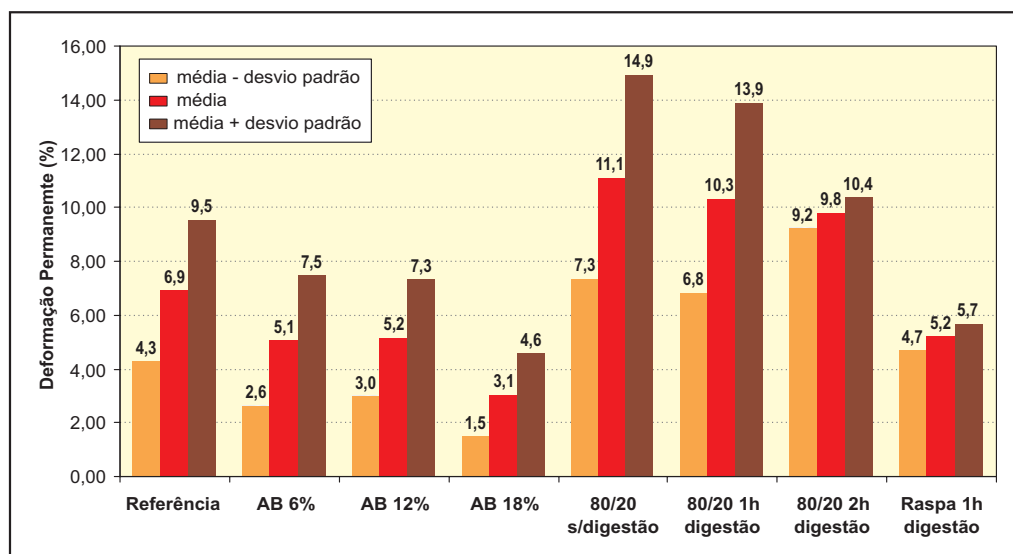


Figura 8: Deformação plástica em ensaio de creep dinâmico (T = 45°C)

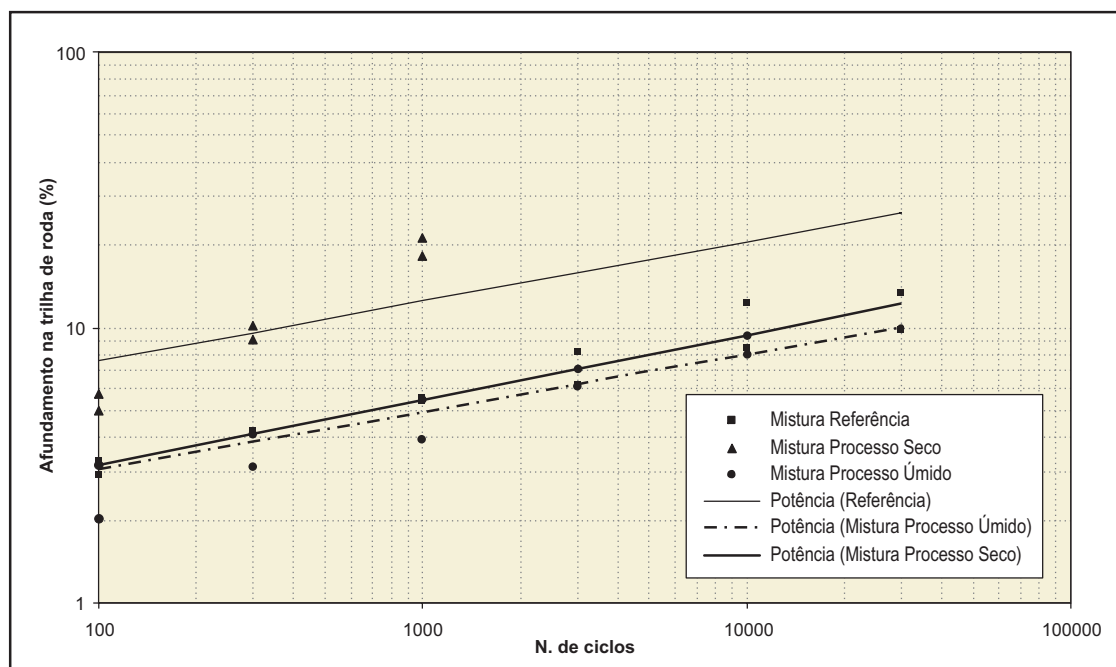


Figura 9: ATR em simulador de tráfego tipo LCPC (T = 60°C)

80/20 com uma hora de digestão – Processo Seco, e Mistura com ligante AB 12% – Processo Úmido).

$$ATR = a \cdot N^b \quad (1)$$

onde ATR = afundamento em trilha de roda (%), N = número de ciclos e  $a$  e  $b$  são constantes do modelo, apresentadas na Tabela 4.

Hunter (1994) cita como critério de aceitação o valor de 10% de afundamento (em relação à espessura da placa) medido em 30.000 ciclos (em algumas situações peculiares as especificações francesas exigem o valor máximo de 5%). Nota-se que, segundo este critério, a mistura convencional (referência) não estaria qualificada a ser empregada em rodovias francesas. A mistura de borraça-agregado com 1% de borraça 80/20 e uma hora de digestão apresentou um desempenho bastante inferior ao da mistura de referência, enquanto que a mistura com ligante asfalto-borraça (AB 12%) apresentou o melhor

resultado e a menor taxa de evolução das deformações plásticas ao longo do ensaio. Ambos os ensaios realizados qualificam de maneira semelhante as misturas estudadas: as misturas com melhor desempenho são as preparadas com ligante asfalto-borraça, seguida da mistura convencional e das misturas tipo borraça-agregado.

## 5. CONCLUSÕES

Neste artigo foram apresentados dados de ensaios mecânicos realizados em misturas asfálticas preparadas com ligantes asfalto-borraça (6, 12 e 18% de borraça no ligante) e misturas do tipo borraça-agregado (1% de borraça na mistura) em comparação com uma mistura de referência (CAP convencional) visando avaliar suas propriedades de plasticidade.

Para as misturas com asfalto-borraça é observada que as três misturas testadas tiveram desempenho superior que a mistura de referência; nota-se uma relação in-

Tabela 4: Constantes dos modelos de afundamento em trilha de roda

Mistura	Afundamento plástico em trilha de roda (%)		
	$a$	$b$	$R^2$
Referência	0,60	0,32	0,71
AB 12%	1,07	0,24	0,93
80/20 <sup>1</sup> com 1 hora de digestão	0,39	0,57	0,98

versamente proporcional entre teor de borracha e a deformação permanente, isto é, quanto mais borracha adicionada à mistura maior a resistência às deformações plásticas. Isso já era de se esperar, visto que a análise reológica de ligantes tipo asfalto borracha indicam que este ligante é mais rígido e possui mais resistência à fluência plástica.

As misturas produzidas pelo processo seco de incorporação de borracha foram as que apresentaram os piores desempenhos, sendo desaconselhado seu uso em situações que potencializem o aparecimento de ATR, tais como tráfego muito pesado, lento, canalizado e altas temperaturas. O tempo de digestão parece auxiliar positiva-

mente no desempenho bem como o tipo de borracha Raspa, que possui grão de borracha de diversos tamanhos e formatos alongados.

O ensaios de creep dinâmico e de afundamento em trilha de roda em simulador de tráfego tipo LCPC qualificaram as misturas da mesma forma: as menores deformações foram observadas para as misturas com asfalto-borracha (processo úmido), seguida da mistura convencional e das misturas tipo borracha-agregado (processo seco), isso indica que o ensaio de creep pode ser de grande valia em projetos de misturas dada sua simplicidade e baixo custo, em comparação ao simulador.

## Referências

- ASPHALT INSTITUTE. *Mix design methods for asphalt concrete and other hot-mix types*. Lexington, Manual Series N° 2 (MS-2), 6 ed. 1995. 141 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. *Geologia de Engenharia*. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. p.13-38. 1998.
- BAHIA, H. U.; DAVIES R. *Factors controlling the effect of crumb rubber on critical properties of asphalt binders*. Journal of the Association of Asphalt Paving Technologies, Portland, v. 65, p.130-163. 1995.
- BERTOLO, S. A. M. *Avaliação laboratorial de misturas asfálticas densas modificadas com borracha reciclada de pneus*. São Carlos, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 197p.
- BROWN, S. F.; BELL, C. A. *The prediction of permanent deformation in asphalt pavement*. Journal of Association of Asphalt Pavement Technologists. v. 65, p. 438-476. 1979.
- BROWN, E. R.; CROSS, S. A. *A national study in hot mix asphalt (HMA) pavements*. Journal of Association of Asphalt Pavement Technologists. v. 62, p. 535-582. 1992.
- BROWN, S. F.; GIBB, J. M. *Validation experiments for permanent deformation testing of bituminous mixtures*. Journal of Association of Asphalt Pavement Technologists. Mariland, v. 48, p. 255-299. 1996.
- BROWN, E. R.; KANDHAL, P. S.; ZHANG J. *Performance testing for hot mix asphalt*. NCAT - National Center for Asphalt Technology. Auburn, report n. 2001-5. 2001.
- CARLSON, D. D.; ZHU, H. *An anchor to crumb rubber markets*. In: International Rubber Forum, San Diego. Proceedings. v.1. 1999.
- EPSS, A. L. *Thermal Behavior of crumb-rubber modified asphalt concrete mixtures*. Berkeley, 1997. Dissertation (Doctor of Philosophy) — ITS/UCB. 391p.
- FAGER, G. A. *Asphalt-rubber overlay on rubblized concrete pavement on I-135*. Transportation Research Record. Washington, n.1543, p. 71-78. 1996.
- GALLEGO, J.; DEL VAL, M. A.; TOMÁS R. A. *Spanish experience with asphalt pavements modified with tire rubber*. In: Asphalt Rubber 2000, Vilamoura. Proceedings... 2000. p. 673-687.
- HUANG, H. Y. *Pavement Analysis and Design*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993. 805p.
- HUNTER R. N. *Bituminous mixtures in road construction*. London: Thomas Telford. 1994. 441 p.
- LEITE, L. F. M.; MOTTA, L. M. G.; BERNUCCI L. B.; SOARES, J. B. *Mechanical behavior of asphalt rubber mixes prepared in laboratory*. In: ASPHALT RUBBER 2000, Vilamoura. Proceedings... 2000. p. 309-318.
- MERIGHI, J. V. *Estudo da deformação permanente de misturas asfálticas em ensaios de laboratório*. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado em Engenharia) — Escola de Politécnica, Universidade de São Paulo. 275p.
- MONISMITH, C. L.; FINN F. N.; VALLERGA B. A. *A comprehensive asphalt concrete design system*. Asphalt concrete mix design: development of more rational approaches. Philadelphia: William Garter Jr., Ed, ASTM STP 1041. p. 39-71. 1989.
- MOURA, E. *Estudo do efeito de aditivos químicos e da cal como melhoradores de adesividade em misturas asfálticas densas*. São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia) — Escola politécnica, Universidade de São Paulo. 122 p.
- NORME FRANÇAISE NF P 98-253-1 — *Déformation Permanente des mélanges hydrocarbonés*. Paris, 1991, 10p.
- ODA, S. *Análise da viabilidade técnica da utilização do ligante asfalto-borracha em obras de pavimentação*. São Carlos, 2000. Tese (Doutorado em Engenharia) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 251p.
- ROAD RESREARCH LABORATORY — RRL. *Bituminous materials in road construction*. Department of scientific and industrial research. London, 1962.
- SAINTON, A. *Advantages of asphalt rubber binder of porous asphalt concrete*. Transportation Research Record. Washington, n.1265, p. 69-86. 1990.
- SCHNORMELER, R. H. *Use of asphalt rubber on low cost, low volume streets*. Transportation Research Record. Special report: Low volume roads: Washington, n.160, p.180-185. 1975.
- SOUZA, J. B.; CRAUS, J.; MONISMITH C. L. *Summary report on permanent deformation in asphalt concrete*. SHRP. SR-A/IR-91-104. 125p. Whashington, 1991.
- SOUZA, J. B.; FONSECA, P.; FREIRE, A.; PAIS, J. *Comparação da vida à fadiga e deformação permanente entre misturas com betume modificado com borracha reciclada de pneus convencionais*. Relatório Consulpav EST 99-07. Portugal, 1999.
- SPECHT, L. P. *Avaliação de misturas asfálticas com incorporação de borracha reciclada de pneus*. Porto Alegre. Tese (Doutorado em Engenharia) — PPGEC/UFRGS. 2004. 279p. (disponível em [www2.unijui.edu.br/~specht](http://www2.unijui.edu.br/~specht)).
- SPECHT, L. P.; KHATCHATOURIAN, O.; BRITO, L. A.; CERATTI, J. A. P.; *Modeling of asphalt-rubber rotational viscosity by statistical analysis and neural networks*. Materials Research. , v. 10, p. 69 - 74, 2007.
- TAKALLOU, B. H.; BAHIA, H. U.; PERDOMO, D.; SCHWARTZ, R. *Use of Superpave technology for design and construction of rubberized asphalt mixtures*. Transportation Research Record. Washington, n.1583, p. 71-81. 1997.
- TAKALLOU, B. H.; HICKS, R. G. *Development of improvement mix and construction guidelines for rubber-modified asphalt pavements*. Transportation Research Record. Washington, n.1171, p. 113-120. 1988.
- VIANA, A.; MOTTA, L. M. G.; DOMINGUES R. G. *Ensaio de compressão axial em CBUQ — uma nova técnica de medição de deformações*. In: XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Anais... v.1. 2003. p. 30- 40.
- VISSER, A. T. VERHAEGHE, B. *Bitumen-rubber: lessons learned in South Africa*. In: ASPHALT RUBBER 2000, Vilamoura. Proceedings... 2000. p. 33-51.
- WAY, G. B. OGFC meets CRM: *Where the rubber meets the rubber: 15 years of durable success*. In: ASPHALT RUBBER 2003, Brasília. Proceedings... 2003. p.49-63.
- ZANZOTTO, L.; KENNEPOHL, G. J. *Development of rubber and asphalt binders by depolymerization and devulcanization of scrap tires in asphalt*. Transportation Research Record. Washington, n.1530, p. 51-58. 1996.

# Escola de Engenharia da UFF

## Pioneira nos ensinamentos dedicados à pavimentação



FOTO: GEORGINA LÓRDO AZEVEDO

Atahualpa Schmitz da Silva Prego

O tema que vou abordar careceria de conteúdo não fosse a colaboração muito valiosa do engenheiro e professor Cyro Freitas Nogueira. A Universidade Federal

Fluminense fica sediada na cidade de Niterói, no Estado do Rio de Janeiro.

A Escola Fluminense de Engenharia da UFF foi criada em 31 de outubro 1952, no governo do Almirante Ernani do Amaral Peixoto. Foi seu fundador o engenheiro Octávio de Catanhe de Almeida, professor e ex-diretor da Escola Nacional de Engenharia.

A disciplina Estradas e Transportes começou a ser ministrada três anos após a criação da Escola, em junho de 1955, e teve com seu primeiro professor o engenheiro Manoel Pacheco de Carvalho, então secretário de Obras do Estado do Rio de Janeiro.

Nesta ocasião foi convidado pelo nobre professor a atuar como seu assistente. A ementa da recém-criada dis-

ciplina constava basicamente de projeto geométrico das rodovias e ferrovias, construção da infra-estrutura e, por minha sugestão, incluiu-se, também, noções de pavimentação (geotécnica para estudo do subleito, sub-bases, bases e revestimento).

A Escola de Engenharia foi pioneira no ensino da pavimentação, de fato, e não me lembro à época de outra universidade que tratasse do tema. Alguns anos depois a disciplina de Estrada, que tinha a duração de um ano, passou a ser ministrada em dois períodos, que para fins didáticos foi dividida em Estradas e Transportes 1 e 2.

Na primeira eram tratados projetos geométricos rodoviários e ferroviários com bases sólidas em noções de transportes. Na segunda, a ementa versava sobre construção da infra-estrutura e pavimentação. O prof. Pacheco me designou para lecionar Estradas 2.

O programa de Pavimentação foi então ampliado, incluindo pavimento rígido, projeto de dimensionamento, projeto de construção de reforço, sub-base e base e projeto

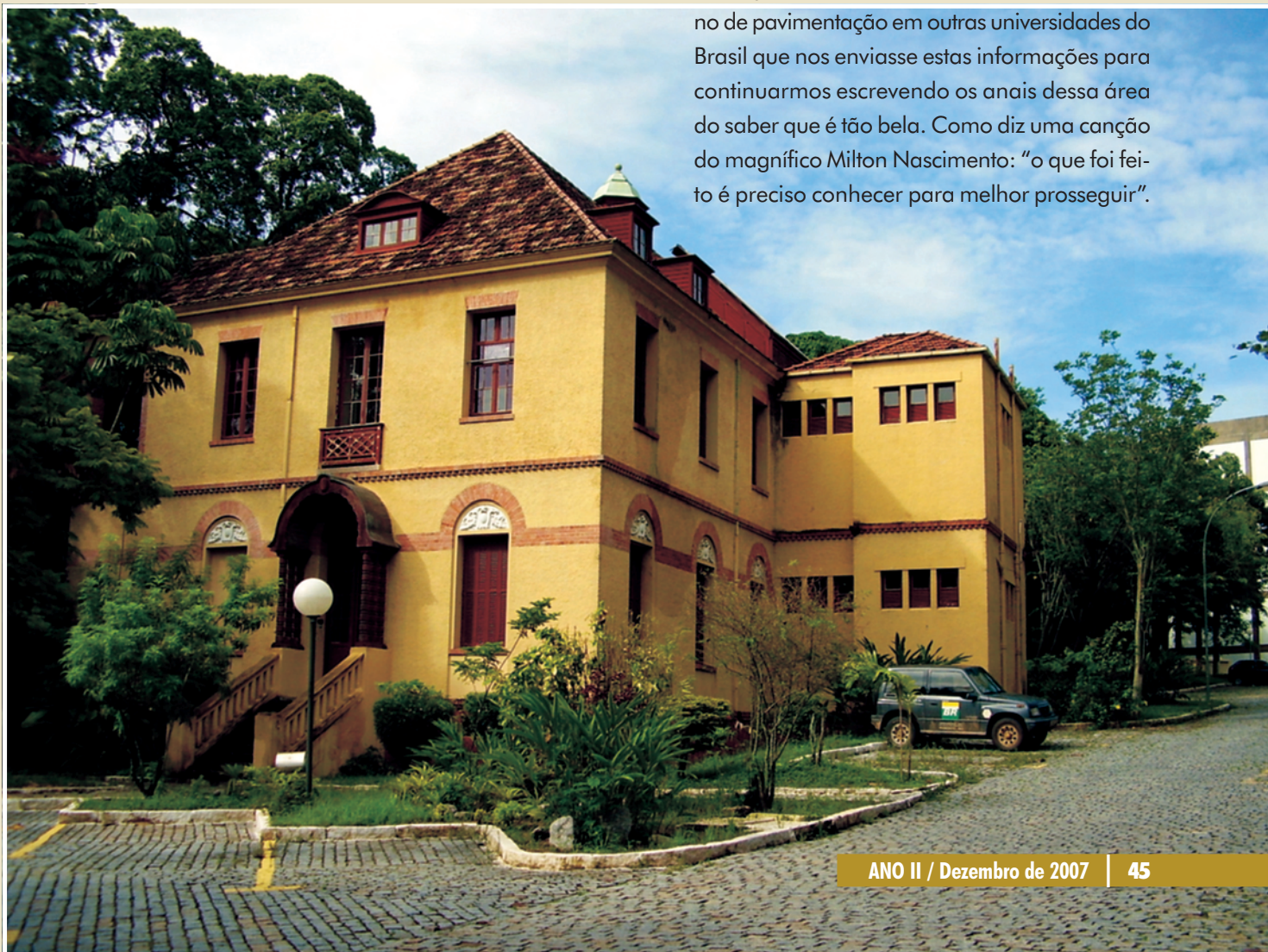


e construção de revestimento. Para aprovação na disciplina, os alunos teriam que elaborar um projeto completo de um trecho de estrada, sendo que para tanto foram realizados estudos geométricos de subleito, de ocorrências (areia, saibreira, cascalheira, material laterítico, pedra etc.), tipos de asfalto, entre outros temas.

Esse trabalho era feito em grupos de 3 a 4 alunos, havendo uma defesa oral, individual, e a nota obtida de uma média da nota do trabalho e da defesa.

Portanto, tive a honra de introduzir, no âmbito universitário, o ensino de pavimentação. Uma única falha que tenho a lamentar foi a de não ter conseguido instalar o laboratório de solos e asfaltos para pesquisa e aprendizado prático dos alunos, muito embora tenha, por diversas vezes, solicitado verbalmente e por escrito à direção da UFF a instalação do referido laboratório.

Deixo, por fim, um pedido àqueles que tenham em documentos ou mesmo na memória anotações ou narrativas históricas sobre o ensino de pavimentação em outras universidades do Brasil que nos enviasse estas informações para continuarmos escrevendo os anais dessa área do saber que é tão bela. Como diz uma canção do magnífico Milton Nascimento: "o que foi feito é preciso conhecer para melhor prosseguir".



## 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.

## Basic Guidelines for submitting articles and technical contributions

1. PAVIMENTAÇÃO Journal is a technical-scientific publication by ABPv. All contributions to the Periodical must be exclusively technical and must be open to partners and professionals of the Road, Railroad and Airport Engineering, both national and international.
2. The Journal may eventually also present special contents, written by your editorial technical staff and by the board of directors of ABPv, as a way of publishing opinions or comments that are considered relevant as the “voice” of ABPv.
3. All articles and contributions such as unpublished technical notes may be sent all year long so that they can be published in one of the four annual editions or in the following year, depending on the number of selected contents.
4. All papers, whether scientific, technical or any other issue forwarded to eventual publication will be evaluated by three professionals who are members of the Technical-Scientific Committee of the Journal, and will be chosen according to the profile of the content to be evaluated. Those who evaluate the papers will not be able to know either authors or papers before the evaluation, and authors will not be allowed to know the identity of those who will be chosen to evaluate their papers.
5. The experts who evaluate papers receive from ABPv a questionnaire that indicate the items to be evaluated in each contribution/paper sent to PAVIMENTAÇÃO Journal, and they may suggest three options in order to forward them:
  - (I) The paper is accepted and sent to publication;
  - (II) The paper is not accepted to publication and will be sent back to the author;
  - (III) The paper might be accepted, if the author agrees with making some changes which may be suggested by one or more experts.
6. It is up to the Board of Directors to judge all negligent cases and allow the publication of papers and contributions that are not all technical, eventually, due to approached subjects and space availability.
7. The evaluation result of any contents sent to PAVIMENTAÇÃO Journal will be informed to the authors and they will also be informed of what will happen to their contribution, which could be: immediate publication in the next edition; publication in the following editions, due to excessive papers; no publication at all.
8. Author or authors of the accepted contributions must agree with publicizing their contents with no copyrights, since ABPv is a non-profitable entity and PAVIMENTAÇÃO Journal is preferably destined to its partners and it won't be used to make profits.
9. All contributions to PAVIMENTAÇÃO Journal must be preferably sent over the internet, and they may be written in PDF format, only while the Committee evaluates the papers. All the original papers must be produced in Microsoft Word. All figures must be on separated sheets, and at least 300dpi resolution. If it's a digital figure, then the resolution must be that of at least 3.2 mega pixels. If those figures do not belong to the author, they will be responsible for both credits and references and authorization for publicizing them. On graphics, authors must not use colors and must use symbols which can clearly distinguish all relevant information of the figure.
10. Contributions must be of at least 2 pages and 15, at most, in A4 format, Times New Roman, size 12, single spacing. A bigger number of pages might be accepted in extraordinary cases, depending on the Journal's Editor.
11. Foreign papers should be sent in their native language, and it is up to the author to translate it into Portuguese. Writing and language must be appropriated and correct, and authors are responsible for proofreading and bibliographic references. Articles must also present an abstract of about 200-300 words and indicate up to 5 keywords.
12. These specifications might eventually be reviewed, at any-time, by the Journal's Editor and by the Board of Directors of ABPv, being necessary for all sent articles to have followed the existing rules at the time they were submitted.

## Normas básicas para la admisión de artículos y contribuciones técnicas

1. La Revista PAVIMENTAÇÃO es una publicación técnica y científica de divulgación de la ABPv. Las contribuciones para la revista deben ser de carácter exclusivamente técnico y están abiertas a los socios y profesionales de Ingeniería de Carreteras, Ferroviaria y Aeroportuaria nacional e internacional.
2. La Revista también puede presentar eventualmente notas especiales redactadas por su cuerpo técnico editorial y por la dirección de ABPv como forma de divulgación de opiniones o comentarios considerados relevantes como “voz” de la ABPv.
3. Los artículos y contribuciones como nota técnica, inéditos, pueden ser enviados en cualquier época del año para que sean publicados en una de las cuatro ediciones anuales o incluso en el año siguiente dependiendo del número de notas seleccionadas.
4. Los trabajos, sean científicos, sean técnicos o de otra naturaleza enviados para una eventual publicación, serán sometidos a la evaluación de tres profesionales que componen el Comité Técnico Científico de la Revista, elegidos de acuerdo con el perfil del material a ser examinado. A los evaluadores no les será dado a conocer los autores del artículo o trabajo antes de la evaluación y también será vedada la divulgación de los evaluadores para los autores.
5. Los evaluadores reciben de la ABPv un cuestionario indicativo de los ítems a ser examinados en cada contribución para la Revista PAVIMENTAÇÃO, pudiendo sugerir tres opciones de encaminamiento:
  - (I) El trabajo es aceptado para publicación;
  - (II) El trabajo no es aceptado para publicación y entonces será devuelto a los autores;
  - (III) El trabajo podrá ser aceptado caso los autores concuerden en hacer algunas modificaciones sugeridas por uno o más evaluadores.
6. Cabe a la Dirección de la ABPv dictaminar los casos omisos y autorizar la publicación de contribuciones de carácter no técnico, eventualmente, en función de los asuntos abordados y de la disponibilidad de espacio.
7. El resultado de la evaluación de cualquier material encaminado a la Revista PAVIMENTAÇÃO será llevado al conocimiento de los autores de los mismos informando el destino que se le dará a su contribución que puede ser: publicación inmediata en el próximo número a ser lanzado, publicación en número subsiguiente debido al exceso de contribuciones o la no publicación.
8. El autor de las contribuciones aceptadas para publicación debe concordar con la reproducción de su material sin ningún derecho a cualquier costo de derechos de autor ya que la ABPv es una entidad sin fines de lucro y la Revista PAVIMENTAÇÃO se destina preferentemente a los socios y no será utilizada para la venta con fines de lucro.
9. Las contribuciones para la Revista PAVIMENTAÇÃO deben ser dirigidas preferentemente a través de medio digital, pudiendo estar en formato PDF solamente en la fase de examen del Comité. Los originales deberán ser producidos en programa Microsoft Word. Las figuras deberán entregarse por separado, con resolución mínima de 300dpi. Caso la foto sea digital, la resolución deberá ser como mínimo de 3.2 mega pixels. No siendo las fotos de el(los) autor(es), este(estos) será(n) responsable(s) por declarar los créditos de las mismas y obtener la autorización para la publicación. En los gráficos, evitar utilizar colores y dar preferencia a símbolos que puedan diferenciar claramente las informaciones relevantes de la figura.
10. Las contribuciones pueden ser como mínimo 2 y como máximo 15 páginas en formato A4, editadas en fuente Times New Roman, tamaño 12, espacio simple. Número mayor de páginas podrá ser aceptado en casos excepcionales según criterios de la Editora de la Revista.
11. Los artículos extranjeros deberán ser enviados en el idioma original, quedando facultativo al autor encaminar la debida traducción para el idioma portugués. El lenguaje debe ser adecuado y correcto, siendo responsabilidad de el(los) autor(res) la revisión ortográfica y las referencias bibliográficas. Los artículos también deberán presentar resumen de 200 a 300 palabras e indicar de 3 a 5 palabras claves.
12. Estas especificaciones pueden ser eventualmente revisadas según criterio de la Editorial de la Revista y la Dirección de la ABPv a cualquier tiempo, cabiendo a los artículos y contribuciones ya sometidos adecuarse siguiendo las reglas existentes a la época de la admisión de su material.

# 39ª RAPv



# 13º ENACOR

# Os Caminhos da Integração

**O MAIOR EVENTO RODOVIÁRIO DO PAÍS**

DE 16 A 20/09/2008, EM RECIFE-PE

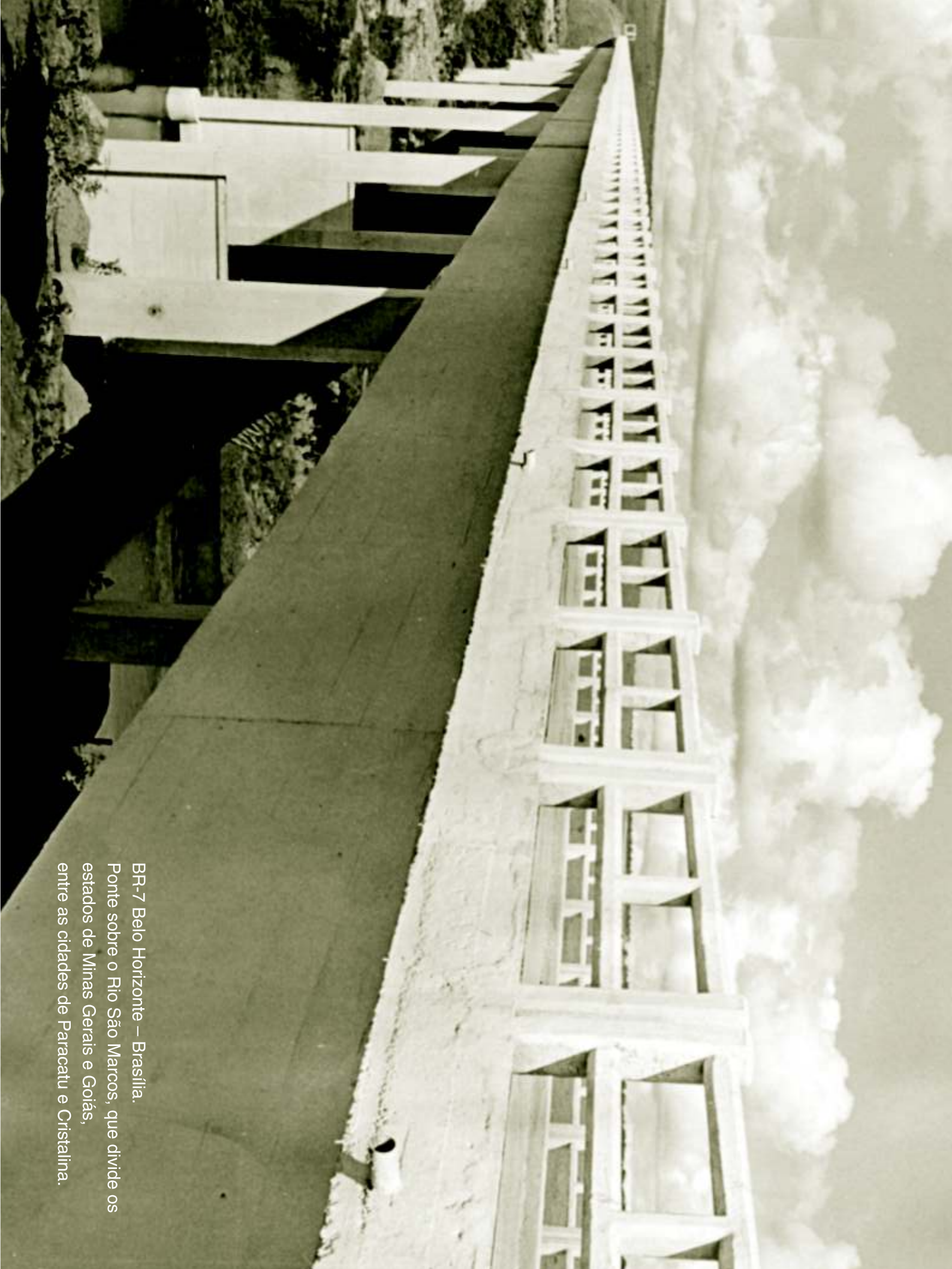
O evento será realizado com o apoio do DER-PE e o Patrocínio Oficial da Petrobras e receberá os profissionais que militam na área de pavimentação, professores, pesquisadores e técnicos de todo Brasil. Aproveite esta oportunidade ímpar para rever amigos e debater temas atuais, visando melhorias para o setor de transporte do país.

Patrocínio Oficial



## Temário:

1. Pavimentação
  - a. Materiais: asfálticos, concreto, solos, britas etc.
  - b. Métodos de Dimensionamento:
    - pavimentos asfálticos
    - pavimento de concreto
    - pavimento ferroviário
    - pavimento aeroportuário
  - c. Processos Construtivos
  - d. Mecânica dos Pavimentos
2. Manutenção
  - a. Conservação
  - b. Reabilitação
  - c. Restauração
  - d. Melhoramento de Pavimentos
3. Planejamento, Gestão Rodoviária e Gerência de Pavimentos
4. Operação e Segurança Viária
5. Meio Ambiente
6. Drenagem



BR-7 Belo Horizonte – Brasília.  
Ponte sobre o Rio São Marcos, que divide os  
estados de Minas Gerais e Goiás,  
entre as cidades de Paracatu e Cristalina.