

REVISTA

ABRV

Associação Brasileira de Pavimentação



PAVIMENTAÇÃO

Ano V – Nº 16 – Jan/Fev/Mar de 2010 – www.abpv.org.br – ISSN 1809-1865

- **A gestão ambiental aplicada a Projetos de Engenharia**
O caso da BR-101
- **Técnicas de reciclagem de pavimentos para minimizar os impactos ambientais nas obras rodoviárias**

O DER-RJ, a ABPv e a COPPE convidam



**Participe da 40ª RAPV, de 26 a 28 de outubro
na Cidade Maravilhosa!**

**História, experiência, inovação e competência
marcam a Comunidade da Engenharia de
Pavimentação. O Estado e a Cidade recebem a
todos como o Cristo: de braços abertos!!!**

A 40ª RAPV será uma Reunião Anual inesquecível, na qual encerraremos os festejos dos 50 anos da ABPv, no brilho da cidade-sede da nossa Associação e compartilhando a efervescência técnica e de obras geradas com as expectativas da Copa do Mundo e das Olimpíadas que se aproximam.

FOTO: RIOTUR

Mais informações
www.rapv.org.br

Apoio:





Rua Miguel Couto, 105 – Sobrelhojas 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 JORNALISTA RESPONSÁVEL
Arq^{ta} Georgina Libório Azevedo Jean Pierre M. Santiago
georgina@abpv.org.br MTb 27170-RJ
redacao@revistapavimentacao.org.br

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO

Presidente: Eng^o EDUARDO ALBERTO RICCI
Vice-Presidente: Cel Eng^o PAULO ROBERTO DIAS MORALES
Diretor Administrativo: Eng^o JOÃO MENESCAL FABRÍCIO
Diretor Técnico: Eng^a LAURA M^a GORETTI DA MOTTA
Diretor Financeiro: Eng^o ATAHUALPA SCHMITZ DA SILVA PREGO
Diretor de Divulgação: Arq^{ta} GEORGINA LIBÓRIO AZEVEDO

COMITÊ TÉCNICO-CIENTÍFICO

Eng^o Alfredo Monteiro de Castro Neto; Eng^o Antônio Fortunato Marcon;
Eng^o Armando Morilha Junior; Eng^o Atahualpa Schmitz da S. Prego; Eng^o
Carlos Yukio Suzuki; Eng^o Cássio Eduardo Lima de Paiva; Eng^o Djalma
Rocha A. M. Pereira; Eng^o Douglas Fadul Villibor; Eng^o Dultevir Guerreiro
Vilar de Melo; Eng^o Edinaldo Afonso Marques de Mélo; Eng^o Eduardo
Alberto Ricci; Eng^o Fernando Augusto Jr.; Eng^o Genésio Almeida da Silva;
Arq^{ta} Gilda Collet Bruna; Eng^o Glicério Trichês; Eng^o Heitor Roberto
Giampaglia; Eng^o Jacques de Medina; Eng^o João Menescal Fabrício; Eng^o
João Virgílio Merighi; Eng^o Jorge Augusto Pereira Ceratti; Eng^o José
Leomar Fernandes Junior; Eng^o José Tadeu Balbo; Eng^a Laura M^a Goretti
da Motta; Eng^a Leni F. M. Leite; Eng^o Leto Momm; Eng^a Liedi Legi B.
Bernucci; Eng^a Luciana Nogueira Dantas; Eng^o Luiz Miguel de Miranda;
Eng^o Marcello Roberto Rangel Pestana; Eng^o Márcio Muniz de Farias;
Eng^o Marílio Augusto Neves; Eng^o Nilton de Souza Campelo; Eng^o Paulo
Romeu Assunção Gontijo; Eng^a Prepredigna D. E. Almeida da Silva; Eng^o
Rita Moura Fortes; Eng^o Salomão Pinto; Eng^o Silvio Rodrigues Filho; Eng^o
Saul Birman; Eng^o Walter Canales Sant'ana; Eng^o Washington Pérez Nuñez.

Tradução: Mariana Ricci

Editoração: MURO Produções Gráficas

Revisão: Ellis Pinheiro

Impressão: Rower Gráfica & Editora

Periodicidade: Trimestral

Tiragem: 5.000 exemplares



Nossa capa:

O meio ambiente é o tema-foco desta edição, e a curva – foto de Igor Alexander – ilustra a harmonia entre o desenvolvimento e a preservação.

Sumário

- 2 Editorial
- 3 Seção de notas

ESPAÇO JURÍDICO

- 4 O direito de empreender no entorno de Unidades de Conservação e os conflitos legais
Victor Athayde

ARTIGOS TÉCNICOS

- 6 A gestão ambiental aplicada a Projetos de Engenharia
Luiza Cantuaria Costa, Adriana Neves da Costa e Carla Franchini Martins
- 23 The Environmental Management Applied to Engineering Projects
Luiza Cantuaria Costa, Adriana Neves da Costa e Carla Franchini Martins
- 38 Aplicação de técnicas de reciclagem de pavimentos, como forma de minimizar os impactos ambientais causados em obras rodoviárias no Brasil
Clauber José Bandeira da Costa
- 50 Monografia sobre documento histórico da criação do SHRP
Jacques de Medina
- 66 Comportamento de solos estabilizados com emulsão asfáltica em vias de baixo volume de tráfego
Giuseppe Miceli Junior, José Renato M. S. Oliveira, Laura Maria Goretti da Motta
- 76 Novos paradigmas dos transportes: a revolução sobre trilhos – Parte I
Rone Antônio de Azevedo

Editorial

Nesta edição de número 16, a Revista PAVIMENTAÇÃO aborda a temática do meio ambiente e suas imbricações com a área de pavimentação, mais especificamente a gestão ambiental aplicada aos projetos de engenharia da pavimentação rodoviária e urbana. Conseqüentemente, estende-se aos modais aeroportuários, ferroviários e hidroviários.

O artigo dos autores Luiza Cantuaria Costa, Adriana Neves da Costa e Carla Franchini Martins versa exatamente sobre a questão da gestão ambiental nos projetos de engenharia, pormenorizando o caso da rodovia BR-101 em seu trecho sul. Este artigo vem publicado também na língua inglesa.

O segundo artigo, na mesma linha do meio ambiente, de autoria de Clauber José Bandeira da Costa, trata da Aplicação de Técnicas de Reciclagem de Pavimentos como forma de minimizar os impactos ambientais causados em obras rodoviárias no Brasil.

O terceiro artigo trata-se de uma monografia de autoria do Prof. Jacques de Medina sobre documento histórico da criação do SHRP, um programa de desenvolvimento rodoviário resultante de uma série de pesquisas do setor. Esta monografia foi apresentada à COPPE/UFRJ em janeiro de 2009.

O quarto e último artigo versa sobre o Comportamento de Solos Estabilizados com Emulsão Asfáltica em Vias de Baixo Volume de Tráfego, dos autores Giuseppe Miceli Jr., José Renato M. S. de Oliveira e Laura Maria Goretti da Motta.

A Revista PAVIMENTAÇÃO inaugura nesta edição o Espaço Jurídico, dedicado à artigos que possam subsidiar na forma legal os temas da engenharia de pavimentos e temáticas afins. O advogado Victor Athayde, de Vitória, ES, aborda o Direito de Empreender nas Unidades de Conservação.

E nos Novos Paradigmas de Transportes o Engº Rone Antônio de Azevedo nos mostra sua opinião sobre a revolução sobre trilhos.

A abordagem do meio ambiente é um assunto que cada vez mais se espraia em todas as áreas do conhecimento. Esperamos que os leitores apreciem esta edição e convidamos todos a externarem suas opiniões junto à Redação.

Conselho Editorial

Seção de notas da Revista PAVIMENTAÇÃO

20º Encontro de Asfalto

O Instituto Brasileiro do Petróleo – IBP – realizará entre os dias 18 a 20 de maio, na cidade do Rio de Janeiro, o 20º Encontro de Asfalto. O evento acontecerá no auditório Sistema Firjan.

Aqueles que pretendem inscrever seu trabalho deverão buscar mais informações pelo sítio www.ibp.org.br

.....

AutoBan primeira no ranking

A Concessionária AutoBan, do grupo CCR, responsável pela administração do Sistema Anhanguera-Bandeirantes, no Es-

CCR  **AutoBan**

tado de São Paulo, foi eleita pela tradicional revista

O Empreiteiro como a primeira no ranking das Operadoras de Infraestrutura de Rodovias. O resultado foi obtido por intermédio de um levantamento que é realizado anualmente pela revista, acompanhado por uma auditoria independente.

Perda para a engenharia brasileira



A engenharia brasileira perdeu no dia 24 de janeiro de 2010 um de seus grandes nomes, o engenheiro Job Shuji Nogami (1925-2010).

Nogami era engenheiro de minas e metalurgia, formado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). Trabalhou no DER-SP por 35 anos e foi, por mais de 20 anos, um dos responsáveis pela linha de pesquisa “Desenvolvimento e Supervisão da Pavimentação Econômica”. Foi docente do departamento de Engenharia de Minas e de Transporte da EPUSP, e fundador do Laboratório de Tecnologia de Pavimentação que, atualmente, leva o seu nome.

Engenheiro reconhecido nacional e internacionalmente, Nogami publicou mais de uma centena de trabalhos técnicos, vários deles premiados. Foi autor de dois livros em parceria com Douglas Fadul Villibor, sendo um deles, *Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos*, referência na área. Associado da ABPv, recebeu quatro Prêmios Pontes Corrêa e outras 16 premiações na área da pavimentação.

REVISTA **ABPv** Associação Brasileira de Pavimentação
PAVIMENTAÇÃO



Normas para submissão de artigos ao Comitê Técnico Científico da ABPv

Para publicação de artigos técnicos é necessária prévia submissão ao Comitê Técnico Científico da ABPv. Os artigos deverão contemplar as normas que estão disponíveis no site www.abpv.org.br, nos idiomas português, inglês e espanhol.

Endereço de envio: abpv@abpv.org.br

O direito de empreender no entorno de Unidades de Conservação e os conflitos legais



Victor Athayde*

As Unidades de Conservação (UC's) são espaços territoriais de relevância ecológica, criadas por ato regular do Poder Público (União; Estados e Mu-

nicipios), que visam conservar o patrimônio ambiental e paisagístico de determinada região.

Essa é a definição legal que consta do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, trazido ao mundo jurídico pela Lei Federal 9.985, de 18 de julho de 2000.

Para se ter uma noção, e é interessante que se diga, dois por cento do território do Estado do Espírito Santo é ocupado por essas Unidades, são alguns exemplos: Parque Nacional do Caparaó (que tem grande parte no ES, e pequena em MG), Parque de Pedra Azul; Parque de Itaúnas, entre outros.

Cada Estado-Membro tem sua realidade e sua gestão, sem dúvida, o que será sustentado a seguir se baseia em conhecimento empírico da realidade capixaba.

O legislador, ao criar esse instrumento, acertou em cheio, somente para ficar nas áreas acima, é inegável a beleza e a importância ambiental (conservação

da diversidade de fauna e flora, por exemplo) de cada uma delas.

Pois bem, é certo que algumas atividades não têm sustentabilidade nessas unidades (não vou me delongar explanando sobre as espécies de UC's, as de proteção integral e as de uso sustentável, pois aqui não há espaço), mas não só nelas, em seu entorno também há restrições, as quais são fixadas por um zoneamento que consta do seu Plano de Manejo (documento técnico que estabelece a forma de uso das UC's).

O entorno da UC é chamado de Zona de Amortecimento e é zoneado e delimitado para que a atividade humana tenha certa restrição.

É fundamental esclarecer que existem espécies de Unidades de Conservação que não estão obrigadas a ter Zonas de Amortecimento definida, são elas as Áreas de Proteção Ambiental – APA (que são áreas de relevância ecológica, mas com certo grau de ocupação humana – antropizada) e as Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPN (que são áreas privadas, delimitadas e gravadas como tal junto à matrícula do imóvel, em grau perpétuo).

O Plano de Manejo é um documento de elevado custo, e, por isso, nem todas as UC's capixabas o possuem, no

* Membro da Câmara Técnica para Assuntos Jurídicos do Conselho Estadual de Meio Ambiente do Espírito Santo – CONSEMA, ex-Assessor Jurídico do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo – IEMA, idealizador do blog www.direitodomeioambiente.blogspot.com / email: victorathayde@walmirbarroso.com.br

resto do Brasil não deve ser diferente. Pior ainda, a lei determina que os Planos de Manejo devem ser feitos em até cinco anos após a criação da Unidade.

Assim, por falta de zoneamento técnico, os órgãos ambientais têm se valido da Resolução CONAMA nº 013/1990, que dispõe que “nas áreas circundantes das Unidades de Conservação, num raio de 10 quilômetros, qualquer atividade que possa afetar a biota deverá ser obrigatoriamente licenciada pelo órgão ambiental competente”.

A norma ainda diz que esse licenciamento só será levado adiante se autorizado pela administração da UC.

Agora imagine, uma UC dentro de um centro urbano, sem plano de manejo, e um empreendimento de infraestrutura (um viaduto; uma ponte ou um loteamento industrial) distante 9,5km dessa.

Entre os dois, bairros, escolas, hospitais e dezenas de milhares de habitantes.

Pergunta-se: faria sentido anuência do órgão Gestor da UC para que o licenciamento ocorresse? Penso que não.

Saindo do campo subjetivo, lanço os olhos para o mundo objetivo, das leis.

Há total conflito entre o que dispõe a Lei Federal 9.985/2000 e a Resolução CONAMA 013/1990.

Isso porque a norma ordinária federal dispõe que os limites da zona de amortecimento serão definidos pelo órgão gestor, no ato de criação da UC ou posteriormente.

Eis o conflito, é o órgão gestor que (devidamente fundamentado em base técnicas, e só assim poderá) define a zona de amortecimento, não uma resolução em abstrato editado por Colegiado que não é gestor de UC's – o que se diz com todo respeito.

Daí há a revogação da Resolução CONAMA por dois motivos básicos: (i) a Lei Federal tem superioridade hierárquica (vale mais que uma resolução, ato de colegiado, do Poder Executivo); (ii) a Lei Federal é posterior.

É interessante notar que antes de ser publicado, o SNUC teve propostas de emenda no Plenário do Senado Federal (<http://www.senado.gov.br/sf/atividade/materia/getPDF.asp?t=29588>).

Uma delas, e que foi rejeitada, sugeriria a limitação das Zonas de Amortecimento por faixa marginal com largura

máxima de até dois quilômetros. Essa emenda foi rechaçada e não seria ocioso observar as razões dessa conclusão:

RAZÕES PARA REJEIÇÃO DA EMENDA Nº 05:

Os impactos negativos gerados pelas ações antrópicas nas regiões de entorno de unidades de conservação, os quais devem ser minimizados pela zona de amortecimento, variam de acordo com uma série de fatores, tais como, por exemplo: a densidade populacional e a presença de atividades potencialmente poluidoras na região de entorno; os recursos ambientais a serem protegidos pela unidade de conservação; e a categoria da unidade de conservação.

Portanto, a definição dos limites da zona de amortecimento deve dar-se concretamente, caso a caso, por meio de Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, a partir das especificidades de cada região, considerando os objetivos para os quais a unidade foi criada, bem como sua categoria.

Ora, é exatamente essa razoabilidade administrativa que aqui está a se invocar. A definição de Zona de Amortecimento deve ser originária de um juízo concreto, não da definição enrijecida por norma.

Isso é frio, é cego. O entendimento de que a Resolução CONAMA nº 013/1990 ainda vigora, desafia o senso do razoável e a própria lei.

O assunto é polêmico, não é visto com bons olhos por setores mais conservadores da administração ambiental, mas a questão é de técnica jurídica e, por isso, me permito enfatizar: o art. 2º, parágrafo único da Resolução CONAMA nº 013/1990, está revogado, tacitamente.

O tema não se esgotará aqui, evidente, há muito ainda o que dizer e se fazer no que se refere à administração de áreas protegidas.

Cabe agora ao CONAMA, talvez, atualizar sua legislação. Se for definir raio de zona de amortecimento por meio de norma em abstrato, que o faça como foi com as Áreas de Proteção Permanente, ou seja, haveria um escalonamento conforme o tamanho da UC e, é claro, desde que não tenham Plano de Manejo.

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

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

A gestão ambiental aplicada a Projetos de Engenharia

O Caso da Rodovia BR-101 – Trecho sul

**Luiza Cantuaria Costa
Adriana Neves da Costa
Carla Franchini Martins**

RESUMO

O sistema de transportes tem fundamental importância no desenvolvimento da sociedade, necessário para as relações comerciais e para a circulação de pessoas. Inicialmente, apenas as vantagens estratégicas eram observadas, deixando de lado as diferentes interações dos modais de transporte com os meios físico e biótico. A consciência ambiental gerada ao longo dos anos faz com que hoje os sistemas de transporte sejam analisados à luz de uma problemática maior. A má conservação dos modais de transporte pode trazer prejuízos aos meios socioeconômico, físico e biótico, da mesma forma que a implantação de sistemas ineficientes. O Modal Rodoviário é o sistema de transporte predominante no Brasil, responsável por maior parte das cargas e pessoas transportadas. No entanto, somente o número de rodovias e suas extensões não refletem o desenvolvimento, hoje definido de forma mais abrangente como desenvolvi-

mento sustentável. Para garantir a interação efetiva entre o modal de transporte e o desenvolvimento sustentável, surgiram diferentes dispositivos legais, econômicos e tecnológicos, atuantes na preservação dos meios e na geração dos benefícios estratégicos desejados. O estudo dos dispositivos citados se faz importante dentro da complexidade dos projetos de engenharia e devido à necessidade de torná-los cada vez mais eficazes e aplicáveis à realidade brasileira. O presente artigo busca explorar os aspectos ambientais e seus impactos relacionados à implantação e operação de rodovias, bem como os dispositivos legais hoje requeridos e as vantagens associadas à concepção de projetos dentro da perspectiva de desenvolvimento sustentável. A análise do caso da BR-101 no trecho sul permite contemplar a complexidade adquirida pelos projetos, assim como os benefícios e dificuldades de projetar e executar as obras dentro das condições exigidas pelo meio e pela legislação ambiental atual.

INTRODUÇÃO

O transporte está diretamente relacionado à evolução das civilizações, pois é um fator determinante das re-

lações de comércio entre regiões produtoras e consumidoras. O sistema de transporte de um país se constitui em um importante meio de integração nacional, sendo essencial para a movimentação da sua economia. Assim, é neces-

sário promover o estudo e o desenvolvimento de sistemas de transporte eficazes.

Modais de transporte marcaram diferentes épocas da história do Brasil. O modal rodoviário começou a ser instalado no país no final da década de 30, com a criação do Plano Nacional Viário em 1937. As rodovias passaram a substituir ou complementar os outros modais, permitindo que houvesse integração do território e mobilidade no transporte de pessoas e cargas.

Devido à grande extensão territorial do Brasil, o modal rodoviário foi impulsionado pelos planos de governo, o que contribuiu para a decadência dos outros modais, principalmente o ferroviário. Entre as décadas de 60 e 80 houve um ápice na construção de grandes rodovias, que deixaram grandes passivos ambientais em virtude do histórico de implantação de projetos de infraestrutura com base apenas nos requisitos técnicos e econômicos.

Com a instituição da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) em 1981, foi criada uma estrutura ambiental para prevenção, melhoria e recuperação da qualidade ambiental. Os objetivos apresentados na Lei 6.938/81, que estabelece a PNMA, mostram a necessidade de mudança em todas as etapas do processo de obras de infraestrutura. Com início no planejamento, continuando durante todo o período de operação, e após o encerramento da atividade, todas as decisões devem ser tomadas com base nas questões ambientais levantadas na legislação.

Para a implantação de rodovias, atualmente a legislação exige procedimentos de licenciamento, que incluem estudos ambientais da região, estudos socioeconômicos e estudos dos impactos decorrentes da atividade nos meios físico e antrópico. As mudanças provocadas pela construção de uma rodovia são muitas, seja no meio rural ou urbano. O uso e ocupação das terras no entorno de uma rodovia podem levar a um desordenamento territorial, chegando a atingir grandes proporções.

Do ponto de vista ambiental, a construção ou operação de rodovias causa impactos no solo, no ar, na fauna, nos cursos d'água. Devido ao porte das obras e às consequências por ela geradas, a preocupação ambiental se faz necessária e restritiva. A associação entre gestão ambiental e gestão de projetos de engenharia nem sempre é favorável do ponto de vista econômico, pois as exigências legais

demandam altos investimentos em estudos e em tecnologias, o que pode não favorecer a execução do projeto do ponto de vista estratégico.

Os efeitos citados acima, aliados aos requisitos legais, exigem um avanço tecnológico e científico para conciliar as necessidades de implantação e execução do projeto, no que diz respeito à sua viabilização, com as necessidades do meio ambiente que receberá o empreendimento. Conseguir equilibrar tais questões significa chegar mais perto dos ideais de sustentabilidade. Diante do exposto, o presente artigo busca evidenciar as necessidades de realização das obras de implantação de rodovias, bem como destacar a importância da gestão ambiental aliada aos projetos. O estudo de caso da Rodovia BR-101 permite que o problema seja explorado, apresentando o que já foi exigido e executado segundo as bases legais atuais.

1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Sistema Rodoviário e meio ambiente

Segundo o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER, 1996), atual DNIT, o Desenvolvimento de um Sistema Rodoviário envolve duas fases, análises, projetos e acompanhamentos que são ligadas ao meio ambiente. Esses projetos podem ser classificados em três tipos segundo o Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina – DERSC, 1998:

– Projeto de Implantação: onde há liberdade para escolha do traçado da rodovia de forma que sejam identificadas e respeitadas as áreas privilegiadas por lei (Reservas, unidades de conservação etc.).

– Projetos de melhoramento: aqueles que permitem a adaptação da rodovia já existente às novas condições de tráfego.

– Projetos de Restauração: onde é apresentado o sistema de renovação do pavimento existente quando a mesma estiver esgotada.

Depois de estudos e formalização do projeto, este precisará ser aprovado pelo órgão ambiental vigente.

Verifica-se atualmente que os procedimentos de planejamento rodoviário envolvem muitas etapas, sejam elas jurídicas, econômicas, ambientais e administrativas, além, claro, do próprio projeto de engenharia. Além disso, segundo

Evans & Wilkes (1992), o princípio fundamental que está sendo buscado ao redor do mundo é um razoável equilíbrio entre os benefícios para a comunidade como um todo e entre as necessidades de indivíduos e organismos, afetados diretamente pelo empreendimento. Desta forma, a Tomada de Decisão em transporte tem se tornado um processo de compartilhamento entre propósitos e necessidades das Agências de Transporte e da população, que vão desde o lançamento de alternativas de traçado passando por avaliações de impactos ambientais, proposições de medidas mitigadoras, até a escolha da alternativa de traçado a ser detalhada e posteriormente implantada.

Ao considerar os aspectos ambientais o quanto antes no processo de implantação de um empreendimento rodoviário, incorporando uma análise de impactos cumulativos e considerando seus possíveis efeitos ambientais, econômicos e sociais, dirige-se às causas da deterioração ambiental, em vez de agir em seus sintomas. Desta maneira, a tomada de decisão passa a ser fundamentada em um desenvolvimento ecologicamente sustentável (LISBOA, 2002).

É importante ressaltar que, segundo Sá (1996), as principais atividades para construção de rodovias são a mobilização, a instalação do canteiro, a implantação da obra e sua desmobilização. Elas provocam desmatamentos, terraplanagens, exploração de jazidas, bota-foras (áreas nas quais são depositados os materiais imprestáveis, como entulho de obras, restos de formas, material de limpeza, excedente de cortes etc.), evasão de fauna, processos migratórios, desapropriações, acessibilidade, alterações, a qualidade da água, do ar e do solo e outras.

Logo após as obras de implantação e desmobilização de canteiros e usinas, inicia-se a fase de operação da estrada. De acordo com Fogliatti *et al.* (2004), essa fase engloba atividades de conservação e de restauração. A conservação da Rodovia envolve todas as atividades preventivas e corretivas de controle e de manutenção das vias, englobando monitoração e eventuais intervenções físicas. As atividades de restauração são necessárias quando a rodovia se encontra deteriorada pelo uso em função do desgaste natural da vida útil do pavimento, do excesso de peso dos veículos em circulação ou má execução das obras.

Segundo Sá (1996), "estas atividades consistem em: restauração do pavimento e outros melhoramentos com ou

sem alteração de traçado, restauração para aumento de capacidade e segurança, restauração com duplicação parcial ou total de rodovia singela existente ou ainda restauração de rodovias vicinais."

Transporte e meio ambiente

As rodovias, nas suas etapas de implantação e de operação, geram impactos ao meio ambiente, visto que, na fase de implantação, ocorre compactação, deslocamento do solo, retirada da cobertura vegetal, dentre outras agressões já citadas. Na fase de operação da rodovia o impacto maior gerado vem dos transportes.

O aumento dos veículos motorizados em circulação e o espalhamento das cidades têm feito crescer muito o consumo de recursos naturais, como o solo e a energia. A análise da taxa de consumo dos recursos naturais verificada atualmente em diversos países industrializados se mostra insustentável (ALCANTARA, 2006).

Os impactos do transporte no meio ambiente têm sido estudados segundo dois enfoques: 1) geral – que procura abordar o tema sob ótica do desenvolvimento urbano e suas implicações que recaem na análise sobre o uso e ocupação do solo, a distribuição física das atividades e suas relações com a demanda de transporte; 2) específico – que aborda um ou mais impactos, correlacionados a congestionamento, poluição e consumo de combustíveis (ALCANTARA, 2006).

Vários autores citados por Alcântara (2006) enumeram os impactos causados pelos meios de transporte ao meio ambiente. O Quadro 1 apresenta tais impactos, mostrando a melhor visão das interações entre os empreendimentos e os meios socioeconômico, biótico e abiótico.

Gestão ambiental aplicada ao modal rodoviário

Para enfrentar a crise ambiental provocada pelas ações do homem que desequilibraram a biosfera e seus ecossistemas, desenvolveu-se a gestão ambiental. O conjunto de ações coordenadas chamado gestão ambiental propõe solucionar os conflitos de uso do ambiente pela humanidade (BRAGA, 2005).

Inicialmente, a preocupação ambiental girava em torno dos custos da despoluição. Esse entendimento não

Quadro 1 – Impactos externos, por vários autores.

(Fonte: ALCANTARA, 2006).

Bovy, 1990	Button, 1993	Miller & Moffet, 1993	Verhoef, 1994	Litman, 1996
Poluição do ar	Poluição do ar	Energia	Congestionamento	Acidentes
Ruído	Água	Congestionamento	Acidentes	Congestionamento
Solo	Solo	Estacionamento	Poluição	Estacionamento
Lixo sólido	Lixo sólido	Vibração	Ruído	Uso do solo
Acidentes	Acidentes	Acidentes	Estacionamento	Valor da terra
Energia	Ruído	Ruído	Recursos naturais	Poluição do ar
Paisagem	Destruição urbana	Poluição do ar	Lixo	Ruído
	Congestionamento	Poluição da água	Efeito "barreira"	Recursos naturais
		Perda de solo	Impacto visual	Efeito "barreira"
		Construções históricas	Perturbação do tráfego	Poluição da água
		Valor da propriedade		Lixo sólido
		Expansão urbana		

impedia a poluição, somente obrigava a remediação dos danos para garantir o cumprimento das leis ambientais em vigor.

Atualmente, devido à preocupação da sociedade com a questão ambiental, houve uma mudança de comportamento, sendo hoje observada uma postura ambiental proativa, voluntária. Essa atitude melhora a relação entre os empreendedores e os órgãos ambientais, além de atrair investidores e acionistas e dar acesso aos financiamentos favorecidos. Outro aspecto positivo da postura proativa é a ampliação da participação no mercado (LORA, 2002).

A gestão ambiental dispõe de instrumentos técnicos, econômicos e legais para estabelecer as condições de acesso aos bens ambientais. O esperado quando se aplica um sistema de gestão ambiental é uma redução da deterioração da qualidade ambiental, se comparado à não aplicação. O sistema também pode gerar melhorias de qualidade ambiental com a recuperação da mesma, com o atendimento aos padrões impostos (BRAGA, 2005).

A má conservação de rodovias traz inúmeros prejuízos para empresas, motoristas e meio ambiente. Em estudo, o cálculo dos custos foi associado à manutenção, consumo de combustíveis, tempo de viagem e emissões de dióxido de carbono. Os resultados do trabalho indicam um gasto de R\$ 34,00 a cada 100km rodados em estradas malconservadas. Em caminhões de carga, foi observa-

do um gasto 10% maior quando estes trafegam em estradas ruins (BARTHOLOMEU, 2001).

Bartholomeu (2001) concluiu que melhorias nas condições das rodovias poderiam reduzir os custos de frete, o consumo de combustíveis, o tempo de viagem e as emissões de dióxido de carbono para a atmosfera.

A partir de 1995, a Confederação Nacional do Transporte tem pesquisado a malha rodoviária nacional com objetivo de avaliar a evolução das condições das rodovias. Na avalia-

ção são observados: condições gerais, sinalização, pavimentação e características de engenharia. (CNT, 2006).

Bellia *et al.* (2004) apontam a relação entre meio ambiente e conservação de rodovias, destacando que a conservação deficiente gera problemas de tráfego, ruído, vibrações indesejáveis, mais emissões de gases e partículas sólidas, perda de combustíveis fósseis e de energia nas peças.

Reis (2006) concluiu que o custo operacional dos cerca de 1,8 milhão de caminhões existentes poderia ser reduzido em 32,1%, se todas as rodovias pavimentadas tivessem ótimo estado de conservação. A Auditoria da Qualidade das obras rodoviárias federais declarou que a maior parte da malha rodoviária é velha, já tendo ultrapassado o tempo de vida útil projetado ou requerendo obras de restauração (BRASÍLIA, 2004).

O Tribunal de Contas da União ainda destacou que se calcula que num trecho de rodovia em estado crítico a elevação do número de acidentes pode chegar a 50%. Índices de roubo também aumentam em estradas malconservadas e malpolicizadas (BRASÍLIA, 2004)

O DNIT é hoje o órgão responsável pela implantação dos empreendimentos viários, devendo associar suas políticas e ações com as questões ambientais. O Ibama, como órgão nacional, os órgãos estaduais do Sistema Nacional de Meio Ambiente (OEMAs) e as organizações não governamentais devem participar da discussão com o DNIT

para integrar os aspectos citados e a gestão do interesse público às características dos projetos (BELLIA *et al.*, 2004).

Atualmente, dentro da abordagem de desenvolvimento sustentável, tem-se a Agenda 21 para integração da sustentabilidade ao desenvolvimento socioeconômico. No escopo do setor de transportes, é citada a necessidade de aumentar a eficiência operacional dos sistemas de transporte, como meio para redução de desperdício de energia e tempo e para melhoria da qualidade do ar. Entre as diretrizes também é destacada a necessidade de levantamento e gerenciamento dos passivos ambientais ligados à atividade viária (CNUMAD, 1997).

Segundo definido na Agenda 21, assinada por 179 países que participaram da Rio ECO 92, transporte ambientalmente sustentável é aquele que: “*não coloque em risco a saúde pública ou ecossistemas e que atenda às necessidades de mobilidade de forma consistente com (i) o uso de recursos renováveis em níveis abaixo de suas taxas de regeneração e (ii) o uso de recursos não renováveis em níveis abaixo do desenvolvimento de substitutos renováveis*” (CNUMAD, 1997).

Para garantir a execução dos procedimentos de implantação e operação de empreendimentos rodoviários segundo as leis e normas ambientais, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) publicou manuais que pudessem padronizar tais procedimentos. As rodovias são um patrimônio que demanda altos investimentos, portanto são necessários esforços que venham a garantir a qualidade do serviço e a segurança dos usuários.

Bellia *et al.* (2004) busca estabelecer práticas ambientais em todas as divisões do DNIT, em função do cumprimento da legislação vigente. Programas e projetos ambientais ficam definidos para execução de obras que tenham sustentabilidade.

Os empreendimentos rodoviários incluem a construção da pista e das obras de arte necessárias, causando impactos desde seu planejamento. A legislação atual é restritiva para a expedição das licenças, mas Bandeira (2004) ressalta a importância de controle da fase de operação da rodovia. Os impactos gerados nessa fase, devido ao período indeterminado de duração, podem ser considerados ainda maiores que os demais.

Para realização do EIA/RIMA, é exigida a Análise de Impactos Ambientais (AIA) para identificar, valorar e interpre-

tar os possíveis impactos do projeto nas etapas de implantação e operação. Os impactos são classificados quanto ao efeito, em positivos ou negativos, quanto à natureza, em diretos e indiretos, à periodicidade (temporários, permanentes ou cíclicos) e à reversibilidade, em reversíveis ou não reversíveis.

Como já abordado no presente trabalho, as rodovias são projetos de desenvolvimento. Assim, a Avaliação de Impactos Ambientais não se aplica eficientemente diante da complexidade de tais projetos. Partidário (2001) mostra a Avaliação Ambiental Estratégica como instrumento para substituir a AIA quando aplicada para decisões em níveis mais estratégicos.

A Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) contribui para políticas e planejamentos mais sustentáveis na medida em que os integra às questões ambientais. Este instrumento tem natureza menos técnica, se relacionando mais às ciências políticas e sociais, tratando da AIA, de políticas, planos e programas (PARTIDÁRIO, 2001).

2 – ESTUDO DE CASO: RODOVIA BR-101

Os projetos de infraestrutura geram alagamentos, desmatamentos e movimentos de terra; além desses impactos, considerados diretos, há impactos indiretos resultante de tais ações. A construção de rodovias aumenta a quantidade de terras acessíveis. A expansão da malha rodoviária federal afetou o território nacional, uma vez que não houve o devido planejamento da ocupação do solo. Segundo Dean (1995; citado por REID *et al.*, s.d.) a região sul da Bahia possuía maiores faixas contínuas de Floresta Atlântica, até que a mata foi reduzida em cerca de 80% após a abertura da BR-101, em 1971.

A Rodovia BR-101 abrange 12 estados, percorrendo o litoral brasileiro do Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul. Com uma extensão total de 4.553km, dividida nos trechos Sul, Nordeste e Sudeste. Construída nas décadas de 70 e 80, a rodovia era muito conhecida como transitorânea. Hoje é a principal ligação entre as regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil.

A rodovia se constitui num importante meio de acesso a diversas regiões do território nacional, sendo também um fator de desenvolvimento econômico e social de áreas que anteriormente permaneciam muito isoladas. A maior

facilidade do escoamento de produtos com a rodovia permitiu melhor exploração de muitas áreas, atraindo interesses de empresas e do mercado imobiliário.

Entre as muitas vantagens destacadas para o desenvolvimento econômico, o projeto e implantação da rodovia começaram na década de 1970, tendo como prioridade o desenvolvimento, exploração e construção de infraestrutura. Desta maneira, trechos foram construídos e inaugurados sem a preocupação ambiental necessária para este tipo de empreendimento.

A estratégia apontada, aliada à má conservação das rodovias e à falta de regulamentação do uso dos solos, resultou num quadro de inúmeros prejuízos. Empresas de transporte, comunidades locais e o comércio foram afetados de diversas formas. Para o meio ambiente o quadro se repete: matas, áreas inexploradas, espécies animais e vegetais ficaram expostas para viabilizar a execução do projeto.

O conceito de passivo ambiental se refere aos efeitos externos negativos gerados por empreendimentos. No contexto rodoviário, podemos exemplificar como passivos, os deságues de drenagem, taludes de corte, aterros instáveis e futuros assoreamentos, como passivos que resultam em prejuízos para terceiros. Os deságues de drenagem podem gerar ravinamentos em outras áreas; os taludes instáveis também são ameaças constantes para os usuários da via e para as comunidades do entorno.

Um passivo ambiental não pode ser eliminado totalmente, mas deve ser administrado e mantido em condições razoáveis. O gerenciamento envolve detectar, cadastrar, propor soluções corretivas e seus custos e tomar ações de recuperação. Há vários projetos para as equipes de conservação solucionarem problemas que podem existir ao longo da vida útil de uma estrada. Atualmente, a BR-101 requer implantação de projetos ambientais e sociais que venham a mitigar seus passivos ambientais.

O fomento ao turismo, a redução no tempo de deslocamento, a redução no custo de escoamento de produtos e a melhoria das condições de segurança estão entre os objetivos dos investimentos destinados às obras na rodovia. Hoje há obras de manutenção e duplicação da rodovia em diversos trechos.

A abrangência do empreendimento torna importante destacar as diferentes condições encontradas em cada tre-

cho. No trecho sul, por exemplo, a presença de populações indígenas deve ser considerada em todo o processo de estudo e licenciamento das obras de duplicação. O primeiro Estudo de Impacto Ambiental foi concluído em 1999, avaliado nos órgãos ambientais devidos, e a Funai apresentou reivindicações que exigiam sua complementação. O resultado foi um segundo Estudo de Impacto Ambiental, concluído em 2000.

Entre os desdobramentos desse empreendimento, há fatores políticos e econômicos de ampliação da capacidade rodoviária das ligações com os países do Mercosul. Logo, conclui-se que há um interesse nacional, uma vez que o projeto integra o “Programa Avança Brasil” do governo federal.

A complexidade do estudo junto às comunidades indígenas exigiu a participação de antropólogos na equipe multidisciplinar selecionada, visando permitir a realização do trabalho com a compreensão das necessidades e da realidade das diferentes tribos encontradas na região. A interface do empreendimento com a população indígena envolve a dificuldade de adaptação e convivência dos índios com a presença da rodovia, que, segundo descrito no EIA, trouxe uma dependência da comunidade indígena em relação à sociedade regional, com problemas de alcoolismo e prostituição.

Neste trecho da rodovia, a Funai e o Ibama agiram como órgão licenciadores. Os estudos geofísicos confirmaram a viabilidade do projeto, mas a expedição da Licença de Instalação fica dependente da análise e aprovação das medidas favoráveis à comunidade indígena. Em nível federal, discute-se o aspecto legal e jurídico da implantação de um projeto de desenvolvimento em terras indígenas, envolvendo a necessidade de remoção da comunidade.

A ampliação do trecho Palhoça-Osório exige programas de compensação para unidades de conservação, de apoio a comunidades indígenas e à comunidade quilombola, de gestão e educação ambiental, entre outros. O monitoramento ambiental inclui procedimentos contidos no Programa Básico ambiental, para controle e fiscalização da qualidade ambiental durante as obras.

No trecho nordeste a rodovia tem extensão de 398,9km, sendo um investimento de R\$ 1,94 bilhão. As obras envolvem

os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, atravessando vários municípios. Os estudos para a restauração e adequação da capacidade da BR-101/NE envolvem monitoramento da fauna, flora e recursos hídricos, recomposição vegetal e restauração da mata atlântica; entre outros aspectos relacionados à implantação do empreendimento, como jazidas exploradas, taludes de corte e canteiros de obras.

Na Paraíba, a rodovia passa ao lado da Reserva Biológica Guaribas, cuja função é restaurar ecossistemas florestais e proteger cursos d'água segundo o Ibama.

Entre os benefícios da duplicação da BR-101 neste trecho estão o crescimento do número de visitantes nos estados, o aumento das condições de segurança, redução dos custos de frete e a diminuição do tempo de viagem. No eixo de duplicação da rodovia há o Complexo Industrial de Suape, com expectativa de atração de empresas e ampliação, gerando empregos no município. O mercado imobiliário também é fortemente impulsionado pelas obras.

Entre os impactos negativos para a sociedade estão: a necessidade de desapropriações que resultam em brigas judiciais; redução dos lucros de vendedores de beira de estrada devido ao aumento da velocidade dos carros na pista; necessidade de adequações em estabelecimentos comerciais localizados na margem da rodovia.

Na Bahia, a rodovia tem importante papel no escoamento de madeira para as fábricas de celulose existentes na região, como também para transportar a celulose rumo ao Porto de Vitória/ES. O turismo também contribui para o aumento do fluxo de transporte, que ultrapassa 12 mil veículos por dia, segundo o DNIT. Para restauração deste trecho de 171km da rodovia calcula-se um investimento de R\$ 68,5 milhões.

No Espírito Santo, a rodovia totaliza 458km. Entre os municípios atravessados, a rodovia passa pela Reserva Biológica Sooretama, que, segundo o Ibama, tem objetivo de preservar a fauna local e remanescente de Mata Atlântica. A reserva de 24 mil hectares foi criada em 1982 e entre as dificuldades de preservação da área está o acesso aberto pela rodovia, juntamente com práticas de caça, desmatamento e queimadas.

No Rio de Janeiro, a rodovia tem extensão de 594km, atravessando o Parque Nacional Serra da Bocaina, criado

em 1971. De acordo com dados do Ibama, o parque tem por objetivo preservar a Mata Atlântica e seus biomas terrestre e marinho. A BR-101 é ainda o principal acesso à Área de Proteção Ambiental Cairuçu, criada em 1983. A área de 33.800 hectares abriga uma aldeia indígena, além de espécies da fauna e flora ameaçadas de extinção.

As obras de duplicação da rodovia já revelaram um total de 142 sítios arqueológicos, segundo o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Principalmente em Santa Catarina, alguns sítios foram destruídos pela ação das máquinas nas obras. Como a legislação atual protege os sítios, faz-se necessária a participação de equipes arqueológicas na execução da obra.

2.1 Caracterização do Empreendimento

O trecho sul da Rodovia BR-101, que liga Palhoça (RS) a Osório (SC), atravessa 18 municípios de Santa Catarina e sete municípios do Rio Grande do Sul, possuindo aproximadamente 348km de extensão.

Os dados levantados no presente trabalho apresentam resultados do Estudo de Impacto Ambiental, do Relatório de Impactos Ambientais e dos Programas Ambientais, realizados pelo DNER/DNIT em parceria com o IME (DNER, 1999).

A Área de influência direta do projeto abrange:

- seis unidades de conservação (Parque Municipal de Palhoça, Parque Municipal de Maracajá, Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Reserva Biológica de Osório, APA Municipal de Terra de Areia, APA Municipal de Osório – Morro da Borússia);
- quatro cursos d'água (Lagoa Imaruí, Rio Massiambu, Rio Três Forquilhas, Rio Tainha);
- duas aldeias indígenas (Morro do Padre, Massiambu);
- sete travessias urbanas;
- uma Área de Preservação Permanente (Matas ciliares).

A rodovia BR-101 atravessa áreas de mananciais constituídas pelo sistema hidrográfico da vertente atlântica (SC) e pelo sistema lagunar do litoral norte do Rio Grande do Sul (lagoas Mirim, Imaruí e Santo Antônio). O primeiro é formado por uma série de bacias isoladas, compreende uma área de aproximadamente 35.298km², recebendo contribuições da Bacia do Rio Itajaí, do Rio Tubarão, do Rio Araranguá, do Rio Itapocu, do Rio Mampituba (divisa com

o Rio Grande do Sul), do Rio Urussanga, do Rio Cubatão e do Rio d'Una (LACERDA 1995). O segundo começa na Lagoa Itapeva, ligada com a Lagoa dos Quadros através do Rio Cornélio, desemboca no sistema de lagoas Malvas, Palmital e Pinguela. Através do Rio dos Postes ocorre a interligação entre este complexo de lagoas e a Lagoa do Passo. O município de Osório merece destaque por possuir 23 lagoas, algumas interligadas artificialmente. A Lagoa de Tramandaí liga o sistema ao oceano (Plano Ambiental Municipal, s.d.).

2.1.1 Meio Socioeconômico

– Conflito de uso e ocupação do solo

O trecho rodoviário analisado atravessa 10 sedes municipais, das quais sete estão em Santa Catarina (Palhoça, Paulo Lopes, Capivari de Baixo, Tubarão, Araranguá, Santa Rosa do Sul e Sombrio) e três no Rio Grande do Sul (Osório, Três Cachoeiras e Terra de Areia). Assim, a margem da rodovia é ocupada por atividades diferenciadas definindo usos residenciais, comércios de vizinhança, serviços de abastecimento de combustível e manutenção de veículos, escolas, igrejas, depósitos, indústrias e *shoppings*, o que gera um grande atrito lateral às margens do leito da estrada.

É observado uso urbano e rural, principalmente utilização do solo pela agricultura. Em Santa Catarina, destaca-se, também, a presença de indústrias cerâmicas. Entre os fatores que limitam o uso dos solos, destaca-se a deficiência de fertilidade, deficiência ou excesso de água, suscetibilidade à erosão e impedimento à mecanização.

Quadro 2 – Representação do uso e ocupação do solo

Ocupação	Km	% da km total
Densamente urbanizada	45,7	11,85
Mediamente urbanizada	93,6	24,28
Pouco ou nenhuma urbanização	245,3	63,63

Fonte: DNER, 1999

– Alterações nas atividades econômicas, condições de emprego e qualidade de vida para as populações

Destacam-se aqui as atividades econômicas dos municípios de Palhoça e Osório. No primeiro, além da geração de empregos durante as obras, é previsto uma contribuição ainda maior quando as obras forem concluídas.

Entre novas atividades previstas estão: centros de distribuição, distritos industriais, empreendimentos imobiliários, empreendimentos comerciais e hotéis. O município ainda prevê um pólo náutico, com estimativa de gerar 5 mil novos empregos e de atrair 60 empresas entre estaleiros, marinas, hotéis e restaurantes (Diário Catarinense, 6 de julho de 2008).

No Rio Grande do Sul, o município de Osório tem atividade agrícola, pecuária, lavouras e silvicultura, com índice de incidência de pobreza de 24,22%, segundo o IBGE. A população ativa está distribuída entre as atividades de exploração agropecuária, atividades industriais e do setor de serviço, este último empregando mais de 60% da população.

O porto de Laguna, localizado no sistema lagunar que compreende as lagoas Mirim, de Imaruá, e Santo Antônio, é a via para o transporte dos produtos pesqueiros que se consagra como uma atividade de destaque na região, sendo produzido em Santa Catarina 80.000 toneladas de pescado por ano. O porto de Imbituba movimenta grãos, *containers*, açúcar, carvão metalúrgico, coque, sal, rocha fosfáltica, ácido fosfórico, soda cáustica, peixe e outras cargas, logo a BR-101 ligará os pólos industriais pelo Atlântico por meio desses portos.

– Segurança do tráfego, ruído, vibrações, emissões atmosféricas

As obras na rodovia são apresentadas como pioneiras na implantação do Sistema de Apoio à Gestão Ambiental Rodoviária Federal (SAGARF), que busca auxiliar o DNIT na execução de projetos rigorosamente em acordo com as exigências ambientais. O programa dá as informações relativas ao processo de licenciamento, sobre a caracterização do empreendimento e sua interface com os meios físico e biótico (BARBOSA, 2007).

A redução do desconforto e de acidentes ainda na fase de obras, o controle e redução da emissão de poluentes atmosféricos e sonoros e a preservação da segurança e saúde das comunidades afetadas direta ou indiretamente pela obra corresponde a ações previstas em programas ambientais definidos.

Fase de implantação – É característico nessa fase a produção de ruídos e emissões atmosféricas gerados por

máquinas e equipamentos, tráfego de veículos, poeira e fumaça oriundas da operação e movimentação de máquinas e equipamentos, plantas de britagem e de produção de misturas asfálticas. São geradas emissões de partículas provenientes da perfuração das rochas, desmonte e fogueamento da rocha com uso de explosivos, emissões fugitivas (pilhas de estocagem, carreamento de caminhões, fogo de bancada) e queima de combustíveis de veículos.

Os ruídos têm como suas principais fontes os compressores, martelotes, explosivos e britadores. Os níveis de ruído e poluição do ar medidos em 2005 durante a fase de implantação da obra mantiveram-se em 90%, dentro dos padrões estabelecidos na resolução CONAMA 01/90. Dentre as medições realizadas durante o diagnóstico, tivemos, como valor mínimo, Três Cachoeiras, com 79db de ruído máximo e, como valor máximo, Araranguá, com 59,3db de ruído de fundo e 87db de ruído máximo (PROGRAMA DE CONTROLE DE MATERIAL PARTICULADO, GASES E RUÍDOS).

Fase de operação – Com o desenvolvimento e atração de novos investimentos para a região proporcionada pela duplicação da rodovia, o fluxo de caminhões e veículos de passeio aumentará, o que causará mais ruídos, vibrações (devido a caminhões de grande porte) e aumento de poluentes no decorrer do trecho.

Com a operação da rodovia, os ruídos de fundo devem aumentar em 1,5db a cada acréscimo de 1.000 veículos rodando, quanto à emissão de poeiras, espera-se que sua magnitude seja de pequena monta nos trechos onde há elevado teor de umidade nos solos.

A presença da sinalização adequada é imprescindível, nas duas fases do projeto. A presença de equipamentos sinalizadores, de responsabilidade da equipe de obras, ajuda à orientação dos motoristas e evita a ocorrência de acidentes. A estipulação do limite de velocidade de 80km/h e de 40km/h nos desvios age como margens de segurança. A otimização do fluxo de veículos na rodovia minimiza as emissões veiculares de ruídos, gases e material particulado.

– Desapropriações

Para a realização das obras de duplicação foi necessário desapropriar famílias que residiam na faixa de domínio do projeto, ou seja, na faixa de limite de segurança de

60 metros. Esse processo teve que ocorrer antes do início das obras. Segundo o programa ambiental dedicado a este impacto da rodovia, as negociações com as famílias afetadas devem garantir um reembolso de valor justo pela propriedade ou o reassentamento em outro local, para que não aconteçam perdas patrimoniais e de qualidade de vida, de acordo com os critérios de elegibilidade e teste de vulnerabilidade.

– Riscos ao patrimônio cultural, histórico e arqueológico

A área de implantação do projeto é rica em patrimônio arqueológico devido a sua ocupação pré-colonial representada por populações indígenas e europeias. O diagnóstico ambiental da região incluiu um levantamento deste patrimônio, enviado e aprovado pelo Iphan, que recomendou procedimentos de salvamento dos mesmos e constantes monitoramentos durante a execução das obras.

2.1.2 Meio Biótico

A área de influência indireta do projeto abriga vegetação rica, formações variadas de Mata Atlântica, incluindo restingas e manguezais. Dentre as espécies da fauna presentes na área, mamíferos, aves e peixes, alguns deles raros. As unidades de conservação presentes na área são listadas a seguir, destacando algumas características:

– Patrimônio Nacional: Zona Costeira, Serra do Mar e Mata Atlântica (Constituição Federal 1988);

– Reserva da Biosfera da Mata Atlântica: 35 milhões de hectares, abrangendo áreas de 15 dos 17 estados brasileiros onde ocorre a Mata Atlântica;

– Área Tombada da Floresta Atlântica no Estado de Santa Catarina;

– Área Tombada da Floresta Atlântica no Estado do Rio Grande do Sul;

– Parque Nacional da Serra Geral: abriga fauna (incluindo espécies em extinção), flora (Floresta Araucária, Campos e Floresta Pluvial Atlântica), paisagens e recursos bióticos e abióticos em 17.333ha;

– Parque Nacional de Aparados da Serra (Portaria nº 26/2003): tem objetivo de conservar formações vegetais e aspectos morfológicos e geomorfológicos da área de 13.082ha;

– Reserva Biológica Municipal de Osório;

– Área de Proteção Ambiental do Morro de Osório (lei de criação nº 2.665 de 1994);

– Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (Decreto nº 1.260/75): 87.405ha abrigando florestas tropicais úmidas de folhas largas (mata atlântica), florestas tropicais de coníferas (floresta de araucária), restingas, campos de altitude e manguezais;

– Estação Ecológica de Aratinga (Decreto de criação nº 37.375/1997): tem objetivo de preservar mananciais, floresta ombrófila e fauna silvestre, é uma unidade de preservação onde só é permitida pesquisa científica e visitas educacionais;

– Reserva Biológica Estadual Mata Paludosa (Decreto de criação nº 38.972/1998): protege flora e fauna silvestres, incluindo muitas espécies ameaçadas de extinção;

– APA da Rota do Sol (Decreto de criação nº 37.346/1997): preserva nascentes e florestas, permitindo sua recuperação;

– Área Especial de Interesse Turístico;

– APA da Lagoa Itapeva;

– APA Guarita-Itapeva (Lei nº 3.449/2000).

– Impedimento dos processos de intercâmbio ecológicos por corte de áreas

As rodovias, como modificadoras do ambiente natural, criam corredores que podem afetar o padrão de dispersão das espécies locais. O atropelamento de animais se torna uma preocupação, uma vez que a rodovia pode se localizar dentro da faixa de deslocamento natural de uma espécie. Algumas espécies têm grande potencial biótico, e a mortalidade por atropelamentos é compensada pela reprodução. As espécies de populações reduzidas e de baixa dinâmica de reprodução tendem a não compensar essas perdas.

Campos, gramados e cultivos herbáceos paralelos à rodovia acabam por atrair grandes herbívoros ou aves granívoras. No trecho de duplicação em estudo foram identificadas 25 espécies de vertebrados vítimas de atropelamento, inclusive na área em frente à APA Municipal do Morro Osório. Dentre essas espécies atingidas, podemos citar o percentual de: 48% de mamíferos, 48% de aves e 4% de anfíbios. Os mamíferos e aves e anfíbios, presentes na região do trecho rodoviário e conseqüentemente atropelados: MAMÍFEROS – gambá, cachorro-do-mato, cachor-

ro, furão, gato, porco, preá, zorrilho, rato, ouriço, ratão do banhado e mão-pelada; AVES – tiê-preto, mocho-de-orelha, urubu, suiriri-cavaleiro, anu-preto, chopim, garibaldi, pardal, coruja-buraqueira, pombo europeu, anu-branco, tipiu; ANFÍBIOS – sapo.

Estruturas específicas de travessia para animais podem ser construídas onde a cobertura florestal ou áreas declivosas ocorram nos dois lados da rodovia. Entre as possibilidades estão: túneis largos acompanhados por cercas, construídos em diversos pontos da rodovia, podem se adequar à distribuição natural das populações, devem ser projetados para as espécies mais sensíveis. As figuras 1 e 2 são exemplos de diferentes estruturas projetadas para mitigação deste impacto sobre a fauna.



Figura 1 – Passagem para pequenos animais na Rodovia BR-101 sul (Fonte: PBA – subprograma de proteção à fauna, 2001)



Figura 2 – Ponte ecológica, na Rodovia BR-101 sul (Fonte: PBA – subprograma de proteção à fauna, 2001)

– Risco a áreas protegidas e a biótopos ecológicos importantes:

Por estar inserido numa região de domínio da Mata Atlântica, o empreendimento pode trazer diversos riscos

em toda sua fase. O avanço esperado em consequência dessa duplicação pode trazer para as áreas protegidas alterações por ações antrópicas, caracterizadas por atividades agropecuárias, reflorestamento e aglomerados urbanos.

As formações florestais abrigam a maior riqueza de espécies ameaçadas, logo seguidos de banhados e campos. Principalmente durante a fase de construção, a retirada de biótopos provoca uma devastação de espécies importantes para área protegida. Vegetações nativas também são retiradas nesse processo, causando desequilíbrio na fauna e flora da região.

Próximo à rodovia existem várias unidades de conservação (áreas protegidas), sendo o de maior importância e significância o Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, onde se encontram espécies endêmicas, raras e ameaçadas de extinção.

– Redução da cobertura vegetal:

Segundo o DNIT, o traçado das rodovias deve minimizar as interferências em áreas florestais e áreas de preservação permanente. A redução da cobertura vegetal ocorre durante a abertura de acessos e da faixa de domínio, implantação de canteiros e alojamentos e travessia de cursos de drenagem.

Como a área de influência do projeto está localizada no domínio da Mata Atlântica, parte da cobertura vegetal original predominante, a floresta ombrófila densa, foi retirada. Nessa faixa de domínio da rodovia atualmente predominam áreas antropizadas constituídas por árvores frutíferas e ornamentais e pela arborização da própria rodovia com espécies exóticas de *Pinus* e *Eucalyptus*. Após essa retirada, pode-se verificar no decorrer da rodovia a predominância das florestas sucessionais intermediárias e, em menor escala, as florestas em regeneração.

– Pressão sobre ecossistemas terrestres e aquáticos:

O levantamento das condições dos mananciais na área de realização do empreendimento apontou a degradação de corpos hídricos devido ao lançamento de efluentes de atividades mineradoras, feculárias, olarias, curtumes, engenho de farinha de mandioca e agricultura (agrotóxicos), além de esgotos domésticos.

Os rios Tubarão, d'Una, Urussanga, Araranguá e Mampituba apresentam altos índices de contaminação por agrotóxicos e efluentes de atividade carbonífera, que tornaram

as águas impróprias para consumo humano e também restringiram outros usos. São constatados ainda problemas de cheias frequentes, causados pela degradação das margens dos rios devido à agricultura intensiva, erosão e carreamento de sólidos para o leito dos rios.

Para garantir o abastecimento urbano foram evidenciados os mananciais a serem preservados e levantados dados de consumo da população e da atividade agrícola.

2.1.3 Meio Físico

– Retirada de solos; indução a processos erosivos; instabilidade de taludes, rompimento de fundações; terraplenagem, empréstimos e bota-foras

Na região, encontram-se terrenos pantanosos, solos movediços e instáveis, na maior parte do ano alagados. Essas características indicam terrenos que não dão sustentação para os aterros da rodovia, tendo que ser substituídos para evitar problemas de recalque e colapsos. Há regiões de formações rochosas, nas quais são usados explosivos para detonação. Onde há ocupação de comunidades quilombola ou indígena e complexos de casas populares, a montanha não pode ser removida, sendo construídos túneis, que causam menores impactos ambientais. A perfuração dos túneis não afeta as comunidades com a mesma intensidade que as detonações, que poderiam comprometer estruturas.

– Degradação de áreas de canteiro de obras, trilhas e caminhos de serviço

Assim como toda obra civil de grande ímpeto, a BR-101 sul também causou degradação ao implantar seu canteiro de obra, trilhas e caminhos de serviço. Não foi divulgada a grandiosidade da destruição, mas pode-se perceber por meio dos programas básicos ambientais que tiveram que implantar para que prosseguissem com a obra.

A retirada da vegetação nativa para abertura de caminhos de serviço e implantação de canteiros de obra é inevitável para esse tipo de obra, em áreas de grande vegetação.

– Rebaixamento do lençol freático; risco para a qualidade de água superficial e subterrânea por concentração de poluentes

Cunha *et al.* (2009) destacam a ação de poluentes sólidos em meio aquático, colocando entre as consequências

o aumento da turbidez das águas e a diminuição da penetração da luz, que comprometem os ecossistemas aquáticos. As poeiras levantadas nas vias públicas podem se propagar e afetar as vizinhanças, pois o processo de sedimentação dessas partículas é rápido.

Metais pesados, óleos, graxas, óxidos de enxofre e nitrogênio, ferro e manganês estão entre os contaminantes do meio aquático. O Estudo de Impacto Ambiental do empreendimento em análise aponta tais contaminantes e métodos de análise das faixas de concentração dos mesmos para detecção de áreas contaminadas.

O diagnóstico da qualidade dos mananciais antes do início das obras consistiu no levantamento de dados dos parâmetros que podem ser afetados pelo empreendimento. A constatação de mananciais já degradados indica que a interferência das atividades em questão não será expressiva.

No entanto, a área de influência direta do empreendimento conta com mananciais usados para abastecimento humano. Em decorrência das obras, as alterações possíveis são: aumento da temperatura, turbidez, demanda química de oxigênio, cor e condutividade, além do aumento dos níveis de nitrato, amônia, fosfatos, cloretos, coliformes fecais e totais. As causas relacionadas são: lançamentos de efluentes, movimentos de terra, lançamento de cargas orgânicas e insumos agrícolas.

Durante o período de operação da rodovia, os impactos considerados como causadores de degradação dos corpos hídricos são relacionados ao transporte de produtos perigosos, sendo vistos no programa ambiental de transporte de produtos perigosos as ações mitigadoras desse aspecto.

2.2 Motivações para a duplicação da rodovia

A pavimentação da BR-101 no trecho foi concluída em 1971, sendo uma pista simples de 7,0m de largura com acostamentos. Ao longo do tempo de operação da rodovia houve o desgaste natural dos pavimentos, recapeados de forma descontínua. O trecho já passou por obras de ampliação e restauração para adequar a capacidade da rodovia ao volume de tráfego de uma média de 10.500 veículos diários.

Em decorrência do exposto, caracteriza-se um quadro de insegurança que não condiz com a importância do empreendimento. Tendo em vista que esta rodovia é o prin-

cipal eixo viário da Região Sul, e reconhecendo seu papel no fomento ao turismo e à economia da região, a duplicação é vista como oportunidade de melhoria do serviço prestado, se propondo a garantir segurança, redução de congestionamentos e acidentes, melhor ligação da área com polos econômicos, redução de tempo e custo das viagens.

2.3 Exigências do órgão licenciador

– Licença Prévia nº 093, emitida em 26/04/2001, pelo Ibama

A licença excluiu um lote em Palhoça, onde se localiza a Terra Indígena Morro dos Cavalos, devido aos aspectos jurídicos levantados pelo Ministério Público Federal/SC. Das condicionantes para o licenciamento, cabe destacar a necessidade de complementação dos dados geotécnicos dos locais de construção de túneis, incluindo investigações geofísicas, sondagens, ensaios de permeabilidade ou perda d'água e outros. Quanto ao projeto de engenharia, é exigida a minimização dos impactos sobre algumas áreas, como a Lagoa de Imaruí, na área de Restinga, e a saída sul do túnel do Morro Agudo. Cuidados com passagens de gado e equipamentos agrícolas, dispositivos de drenagem natural e corredores biológicos (especialmente de espécies endêmicas), revisão do número de passarelas e especificações do plano de execução das obras (cuidados especiais com áreas de preservação permanente, passagens de fauna, desvio de tráfego e sinalização).

A delimitação da faixa de domínio, localizando as áreas de preservação permanente, Unidades de Conservação e áreas de interferência das obras (jazidas, canteiros de obras, áreas de empréstimo e bota-fora), bem como a caracterização das mesmas foram exigidas em mapa da rodovia. Programas ambientais detalhados para educação ambiental e preservação de patrimônio histórico, inventário florestal das áreas onde haverá supressão de vegetação, programa de compensação ambiental detalhado e aprovado pelo Ibama também estão entre as exigências dos órgãos ambientais.

– Licença de Implantação nº 181, emitida em 25 /11/2002

Esse tipo de licença, intermediário entre a prévia e a operação, permite que a rodovia prossiga em sua implantação, porém com pré-requisitos. Estes são fatores que

deverão ser cumpridos durante a fase de obra, conteúdo a respeito dessa licença nº 181 de 2005 não foi divulgado, portanto não sabemos o que consta na licença de instalação dessa duplicação da Rodovia BR-101 sul.

– Licença de Operação

Conforme exigência legal, a licença de operação é necessária para o início das atividades. Sabe-se que há trechos da rodovia já em operação, mas não houve acesso a licenças relativas ao mesmo.

2.4 Passivos Ambientais

A avaliação e diagnóstico dos passivos ambientais do estudo de impacto, realizado na época sob a responsabilidade do DNER, apontaram 276 Passivos Ambientais com necessidade premente de recuperação, entre eles:

- noventa e quatro passivos na faixa de domínio e adjacências;
- quarenta e cinco passivos nas áreas de obtenção de materiais de construção fora da faixa de domínio;
- setenta e oito passivos de interferências de ações de terceiros sobre a rodovia;
- cinquenta e nove de interferências da rodovia sobre equipamentos urbanos.

2.5 Acompanhamento da implantação

O andamento das obras e o cumprimento das condicionantes de licenciamento e das medidas dos programas ambientais são essenciais para que o empreendimento gere os benefícios previstos, tenha os impactos ambientais e os transtornos à comunidade minimizados. Neste aspecto a fiscalização por parte dos órgãos ambientais e o monitoramento por parte dos envolvidos nas atividades são fundamentais.

A Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC) realizou estudos de levantamento das condições das obras. A fase de realização das obras é notadamente a mais incômoda devido à movimentação de maquinário, interdições de trecho da via, as detonações e outras atividades aumentam os níveis de ruído, as emissões de materiais particulados e o risco de acidentes.

Em 21 de maio de 2009, o relatório gerado com os resultados da FIESC indicou o não cumprimento do cronograma de obras.

A previsão inicial de término das atividades era 2010, mas segundo a FIESC a rodovia só estará concluída em 2013, podendo ainda haver atraso de até um ano e meio se forem necessários novos processos licitatórios.

Os resultados apresentados indicaram:

- Nenhum dos cinco túneis foi executado;
- Somente 16 pontes, das 29 previstas, foram executadas e 10 estão em andamento;
- dezoito vãos precisam ser recuperados, estando 11 com obras em andamento e 7 sem previsão de início;
- 10 viadutos estão em obras e 14 foram executados e outros 14 não foram iniciados;
- Das 62 passarelas, apenas duas foram construídas e duas estão em construção;
- Dos 248,5 quilômetros, 41 estão pavimentados sem asfalto, 15,8 estão com base em execução e 58,5 quilômetros com trânsito na pista antiga;
- Somente cerca de 50% do orçamento previsto foi efetivamente liberado.

O relatório apresentado do trecho do município de Palhoça até a divisa com o Rio Grande do Sul, com apoio do CREA-SC, apresentou um relatório fotográfico de trechos das obras, no Anexo C podem ser vistas algumas fotos do relatório e os levantamentos correspondentes. Cabe destacar que os contratos de execução dos trabalhos venceram até janeiro de 2010, não podendo ser renovados por questões legais. Assim, algumas obras correm risco de não começarem ou não serem concluídas.

Dentre os transtornos causados aos moradores de Palhoça, vale ressaltar a instalação de uma praça de pedágio próxima ao centro do município, pela qual muitos moradores passam várias vezes em um só dia. Os moradores do município pediram isenção do imposto, segundo reportagem de 26 de março de 2009, da Assembleia Legislativa do Estado de Santa Catarina. A cobrança aos moradores foi proibida e aprovada na lei estadual nº 14.284/2009.

No entanto, em 25 de maio de 2009, em audiência pública, foram discutidas e avaliadas as questões sobre o andamento das obras. Mesmo diante da complexidade do empreendimento e do cumprimento dos prazos, o DNIT se mostrou convicto da possibilidade de término em 2010. Ainda nesta audiência, ficou determinado que a construção dos

túneis do Morro dos Cavalos, do Morro do Formigão, o elevado de Maracajá e a Ponte de Laguna são previstos para 2012, deixando dúvidas quanto aos transtornos gerados por esse intervalo, pelo prazo de conclusão estipulado pela FIESC e pelas questões legais anteriormente levantadas.

2.5.1 Fiscalização

De acordo com o Programa Básico Ambiental, a fiscalização seria executada pelo DNER junto à ESGA e à construtora atuante, por meio das modificações geradas pela lei nº 10233/01 e com a extinção do referido órgão, tal ação foi absorvida pelo DNIT.

A supervisão ambiental deve fiscalizar por meio do acompanhamento da implementação das medidas de controle dos processos erosivos, na fase de obras. Este é o programa que apresenta maior número de ocorrências, sendo a grande maioria destas solucionadas pelas empresas construtoras, assim como acompanhado a implementação das medidas de recuperação, principalmente das áreas fonte de materiais. As jazidas e caixas de empréstimo têm tido tratamento adequado na fase de recuperação, atendendo às especificações do projeto aprovado pelo Ibama quando do licenciamento ambiental destas áreas.

Quanto às travessias urbanas, a Supervisão Ambiental está realizando levantamento das pontes contidas no projeto executivo que não contemplem a passagem de pedestres e está encaminhando notas técnicas ao DNIT, solicitando a inclusão das mesmas no projeto. Já as sinalizações utilizadas na fase de obra são fiscalizadas pelas supervisoras de obras. Tais supervisões acompanham também ações de controle de material particulado, cobertura de caminhões e a "molhação" de caminhos de serviço e acessos às áreas de empréstimo (PBA- Monitoramento Ambiental).

A ANTT fica responsável pela fiscalização dos caminhões para que eles não trafeguem pela rodovia com excesso de peso. Em julho de 2009, foi realizada tal fiscalização, pois o excesso de peso pode oferecer riscos à segurança dos usuários, além de comprometer a qualidade da rodovia por causar danos ao pavimento.

2.5.2 Monitoramento

Foram desenvolvidos diversos planos de ações de monitoramento previstas, para cada Programa Básico Am-

biental, em particular os de "Controle de Processos Erosivos", "Recuperação do Passivo Ambiental", "Paisagismo", "Programa de Monitoramento da Flora e Fauna" e "Redução do desconforto de acidentes na fase de Obras". Todo monitoramento, de acordo com o documento, seria desenvolvido a partir da fiscalização do DNER, passando a partir de junho de 2001 a execução para o DNIT com ajuda da consultora encarregada contratada.

Para o monitoramento dos gases, materiais particulados e ruídos, devem ser feitos acompanhamentos visuais da emissão de poeira, medições do nível de sobressão e dos níveis de vibração realizados a cada semestre durante todo o período da construção. O monitoramento desse programa se encerra com a conclusão das obras e a desativação das atividades em pedreiras e usinas de asfalto, quando a partir disto essas áreas serão objeto de recuperação ambiental.

Em cumprimento à Legislação Ambiental e atendimento à Licença de Instalação – LI nº 181, de 25 de novembro de 2002, para a Ampliação da Capacidade e Modernização do Trecho Sul da BR-101, entre Florianópolis-SC e Osório-RS, foram solicitadas as Autorizações para a Supressão da Vegetação – ASV, concedidas pelo Ibama de modo a permitir a liberação das frentes de obra.

Acompanhando o monitoramento do processo erosivo, temos o de passivos ambientais atendendo a algumas finalidades diferentes, como: registrar todos os passivos ambientais identificados, inspecionar o trecho diariamente, verificando o atendimento aos aspectos de natureza ambiental e institucional, e atender aos padrões definidos no plano de recuperação aprovado pelos órgãos licenciadores competentes.

Quanto ao monitoramento do Programa de Redução do Desconforto e de Acidentes na fase de obras, deverão ser verificadas visualmente as condições físicas dos dispositivos de sinalização (vertical, horizontal, canalização e de segurança), a necessidade ou não de melhorias da sinalização junto à comunidade e usuários locais.

Os locais selecionados para o monitoramento dos Corpos Hídricos obedecem a critérios de tamanho, porte e representatividade, além da importância local e regional dos rios. O início do programa se dá em janeiro de 2005, realizado pelo Centran junto à Universidade da Região de

Joinville (UNIVILLE), responsável por coletar e analisar os dados e elaborar relatórios. Três campanhas de monitoramento dos corpos hídricos foram realizadas, uma preliminar em 2005, e as demais em 2006.

2.5.3 Programas e Planos Ambientais exigidos para o licenciamento

Os Programas Ambientais surgem como resultado do levantamento das medidas mitigadoras formuladas a partir do diagnóstico ambiental e da caracterização dos impactos ambientais, presentes no EIA/RIMA. Compreende inúmeras ações, nos diferentes campos afetados pelo empreendimento.

O escopo dos programas visa contemplar:

- A incorporação na infraestrutura rodoviária dos elementos necessários ao comportamento satisfatório do empreendimento ao longo de sua vida útil;

- Ações de atenuação dos impactos ambientais decorrentes das atividades realizadas na fase de execução da obra;

- Ações paralelas a todas as fases do empreendimento, com objetivo de resguardar o meio ambiente dos efeitos gerados pelo mesmo.

O conjunto de todos os programas ambientais caracteriza a Gestão Ambiental, que supervisiona as obras, gerencia a realização efetiva dos planos e projetos ambientais e implementa os Programas de Comunicação Social e de Educação Ambiental. Logo, a gestão ambiental é a ferramenta que garante os fatores condicionantes da atividade definidos no licenciamento para proteger direta e indiretamente os meios físico, biótico e antrópico envolvidos pela atividade.

2.6 Resultados e Discussões

A partir do exposto, fica evidente a dificuldade dos órgãos públicos em cumprir com as exigências legais, com o cronograma de obras e até mesmo com os projetos apresentados inicialmente e aprovados dentro das condicionantes de licenciamento. Apesar dos estudos realizados para a fase de obras terem destacado os incômodos gerados e as ações para mitigação dos mesmos, o não cumprimento do cronograma, as interdições não previstas da rodovia em funcionamento e o abandono de frentes de trabalho confi-

guram e permitem estimar o aumento dos impactos que foram previstos para esta fase.

O Relatório de Avaliação do Plano Plurianual (BRASÍLIA, 2008) constatou que houve um avanço abaixo do previsto na construção e adequação de rodovias, garantindo melhores resultados a partir de 2007, quando a atividade foi incluída no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Os atrasos nas obras são atribuídos ao baixo volume de recursos, ao atraso na liberação dos mesmos, à realização de investimentos de forma irregular e a interferências administrativas.

A partir dos estudos, é possível destacar necessidades como: melhor adequação das exigências legais à realidade de concepção e execução de projetos de infraestrutura, e investimentos em bancos de dados que possam facilitar os estudos ambientais e avaliações dos órgãos ambientais. A evolução destas soluções permite um licenciamento mais rápido e menos oneroso nas questões burocráticas.

Quanto ao projeto, pode-se destacar a importância de garantir que as licitações realizadas sejam eficientes, que empresas com capacidade técnica, financeira e gerencial não sejam prejudicadas pela concorrência baseada em preços mais baixos oferecidos por empresas sem as qualificações para realização dos projetos.

Durante o estudo de caso foi constatado que houve irregularidades no processo de licenciamento ambiental emitido pelo Ibama. Os dados considerados neste documento omitiam a presença da comunidade quilombola situados no Morro Alto. Por se tratar de uma comunidade indígena, a mesma deveria constar no EIA/RIMA como reserva indígena, e seria necessário um projeto para a sua preservação. Logo o Ministério Público Federal entrou com processo contra o Ibama e o DNIT, os quais foram condenados a sanar suas falhas. O DNIT foi obrigado a realizar os estudos necessários relativos ao impacto ambiental causado à comunidade quilombola e propor medidas compensatórias e mitigatórias. Já o Ibama deveria adequar as falhas às normas constitucionais que regem o licenciamento. Após a condenação foram feitas, por exigência do MP, o Plano de Apoio à Comunidade Quilombola de Morro Alto.

2.7 Conclusão

A partir do estudo realizado, pode-se entender a importância da gestão ambiental dos projetos de engenharia.

Ainda vale ressaltar a gestão ambiental e todo o ferramental técnico, administrativo, financeiro e legal como fatores determinantes para alcançar o desenvolvimento sustentável.

Dentro do explorado, vê-se que a legislação ambiental atual não contempla as limitações dos órgãos públicos, uma vez que nos empreendimentos realizados pelos mesmos não há o cumprimento integral das exigências legais. A formação de instituições, criação de normas e leis não garantem o compromisso com o meio ambiente, para isso existe a necessidade de ir além.

A capacitação dos órgãos públicos para cumprir com os mecanismos do sistema ambiental é vista como preponderante para que se possa exigir o mesmo compromisso de todas as empresas, sejam elas privadas ou públicas. Neste aspecto, coloca-se a necessidade de garantir que as instituições públicas tenham conhecimento técnico e disponibilidade de recursos humanos e financeiros

para garantir uma boa gestão. O atraso do cronograma de obras pode estar associado tanto a dificuldades de liberação de verba quanto a dificuldades das empreiteiras. Na primeira situação, tem-se uma deficiência do órgão público em sua administração. Atrasos das empreiteiras podem estar associados a fatores externos ao projeto, como fatores climáticos, ou a processos licitatórios mal conduzidos.

Destaca-se ainda a importância de os órgãos ambientais serem capazes de exercer devidamente suas funções de fiscalização.

Dos interesses políticos observados, nota-se que as pressões políticas atuam decisivamente nos processos, sendo mais fortes que as decisões dos órgãos ambientais. Quando nesta situação, não é justificado o valor dos estudos ambientais, pois a coleta de dados, suas análises e conclusões não levam à efetiva atuação do empreendedor nas questões ambientais.

Referências bibliográficas

- ALCÂNTARA, Eduardo, *Transporte e Meio ambiente: conceitos e informações para análise de impacto*. São Paulo: Ed. do Autor, 2006.
- Auditoria da qualidade das obras rodoviárias federais. Brasília: TCU, Secretaria de Fiscalização de Obras e Patrimônio da União, 2004. 46p. Disponível em: http://www.ticontrole.gov.br/portal/page/portal/TCU/comunidades/biblioteca_tcu/biblioteca_digital/Auditoria_da_qualidade_das_obras_rodoviarias_federais.pdf. Acessado em: 16 Set 2009.
- BANDEIRA, Clarice e FLORIANO, Eduardo Pagel. "Avaliação de impacto ambiental de rodovias". *Caderno Didático*, n. 8, 2004. 16 p.
- BARBOSA, Maria Rachel; BARBOSA, Vanessa Maria, *Treinamento online para o sistema de apoio à gestão ambiental rodoviária federal (SAGARF)*, 2007. Disponível em: <http://www.abed.org.br/congresso2007/tc/512200733406PM.pdf>. Acessado em: 3 Nov 2009.
- BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; CAIXETA FILHO, José Vicente. *Impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras: um estudo e caso*, RESR, Piracicaba, SP, v. 46, nº 03, jul/set 2008, p. 703-738.
- BELLIA, Vitor; PARENTE, Ângela; DIAS, Ricardo Ribeiro; MENEZES, Laís A.; DELORENCI, Claudio C. F. *Manual de Gestão Ambiental de estradas*. 2004.
- BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João G. L.; MIERZIVA, José Carlos; BARROS, Mario Thadeu L. de; SPENCER, Milton; PORTO, Monica; NUCCI, Nelson; JULIANO, Neusa; EIGER, Sérgio. *Introdução à Engenharia Ambiental*. 2 edição. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2005, 318p.
- BRASÍLIA. *Guia de Procedimentos do Licenciamento Ambiental Federal – Documento de Referência*. 2002.
- BRASÍLIA. *Plano Plurianual 2004-2007 Relatório de Avaliação*. Caderno 1. 2008.
- CNT – Atlas do transporte, 1. ed, 2006. Disponível em: http://www.cnt.org.br/informacoes/pesquisas/atlas/2006/arquivos/pdf/Atlas_Transporte_2006.pdf. Acessado em: 17 Set 2009.
- CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. *Agenda 21*. 2. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1997.
- CPRH. *Termo de referência para elaboração de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA relacionado à implantação de rodovias*. S.D.
- CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antônio José Teixeira. *Avaliação e Perícia Ambiental*. 9 edição. Rio de Janeiro; Editora Bertrand Brasil; 2009; 286 p.

- DERSC – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SANTA CATARINA. *Manual de Procedimentos Ambientais Gestão Ambiental no Setor Rodoviário*. Florianópolis, 1998. 240p.
- DNER; IME. *Projeto de Ampliação da capacidade rodoviária das ligações com os países do Mercosul*. BR-101, Florianópolis (SC)-Osório (RS). 1999
- DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *Manual Rodoviário de Conservação, Monitoramento e Controle Ambientais*. Rio de Janeiro: Diretoria de Engenharia Rodoviária/Divisão de Estudos e Projetos do DNER, 1996.
- EVANS, D.I.; P.F. *Road planning in the Unite Kingdom*. *Routes Roads*, v.2, n.277, 1992, p.10.
- FEEMA. Disponível em: <http://www.feema.rj.gov.br/licenciamento-apresentacao.asp?cat=10>. Acessado em: 15 Set. 2009.
- FIESC. *Análise expedita das obras de duplicação da Rodovia BR-101/SC – Sul*.
- FOGLIATTI, Maria Cristina; FILIPPO, Sandro e GOUDARD, Beatriz. *Avaliação de impactos ambientais: aplicação aos sistemas de transporte*. Rio de Janeiro: Editora. Interciência, 2004, 250 p.
- LISBOA, M.V. (2002) *Contribuição para a Tomada de Decisão na Classificação e Seleção de Alternativas de Traçado para Rodovias em Trechos Urbanizados*. POLI-USP, São Paulo.
- LORA, Electo Eduardo Silva. *Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte*. 2 edição, Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2002, 481p.
- PARTIDÁRIO, Maria Rosário. *Avaliação Ambiental Estratégica: melhorar a decisão estratégica*. Rio de Janeiro. 2001. Plano Ambiental Municipal. Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente; Osório-RS. S.D.
- Projeto Básico Ambiental – Programa de Controle de Material Particulado, Gases e Ruídos, BR-101 Florianópolis (SC)-Osório (RS), 2001.
- REIS, Neuto Gonçalves dos. *Impacto do estado das rodovias sobre o custo operacional dos caminhões*. 2006. Disponível em: http://www.guiadotrc.com.br/truckinfo/Artigos/impacto_maestado_rodovias.asp. Acessado em: 17 Set 2009.
- SÁ, M.M. de. *Contribuição à Implementação de um Sistema de Gestão Ambiental na Construção de Rodovias: Uma lista de Verificação para um Programa de Auditoria ambiental*. 1996. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.
- Plano Ambiental Municipal Osório-RS. Disponível em: <http://www.osorio.rs.gov.br/sites/9100/9172/PDirAmbOsorio.PDF>. Acessado em: 26 Out 2009.
- Plano Nacional de Logística e Transporte – PNLT. v. 5, abril/2007. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/> Acesso em: 10 Set 2009.

The Environmental Management Applied to Engineering Projects

The Highway BR-101 South Stretch Case

Luiza Cantuaria Costa
Adriana Neves da Costa
Carla Franchini Martins

ABSTRACT

The transport system is fundamental in social development, needed for business affairs and people circulation. In the beginning, only strategic advantages were taken into consideration, while all the interactions between transport modes and environment were left behind. Nowadays, the transportation system is being discussed with a new approach because of the environmental awareness acquired over the years. Bad conservation of transport modes and inefficient implantation of systems generates damages in socio-economic, physical and biological areas. Road transportation is predominant in Brazil, being responsible for freight and people circulation. However, the number and extension of the roads do not reflect the development, currently defined as sustainable deve-

lopment. To ensure an efficient relation between road transportation and sustainable development, many legal, economical and technological mechanisms were created aiming at gathering enterprises and environmental preservation. The study on these mechanisms in engineering projects are important in order to turn them effective and applicable the Brazilian reality . This paper seeks to explore environmental aspects and impacts, legal mechanisms currently required and advantages related to project design of roads according to a sustainable perspective. Analysis of the case of the BR-101 south stretch, allow us to understand the complexity gained with the projects, the benefits and difficulties of designing and developing roads within the conditions required by the environment and the current environmental legislation.

Introduction

Transportation is directly related to the evolution of civilization since it is a determinant factor for business affairs between productive and consumer regions. The transportation system of a country constitutes of an important way to encourage national integration which is essential for the its economy. So, it is necessary to promote the study and development of efficient transportation systems.

Ways of transportation have marked different times in Brazil's history. The highway modal emerged in the country in the late 30's, with the creation of the National

Highway Plan in 1937. The highways started to replace or complement other modals, allowing a land integration and transportation mobility of people and load.

Due to the great territorial extension of the country, the highway modal was impelled by government plans which contributed to the decay of the other modals of transportation , mainly railway. Between the 60's and 80's there has been a summit of the construction of great highways which resulted in huge environmental passives, due to the account on infrastructure implantation projects, based only in technical and economic requirements.

With the establishment of the National Environmental Policy (PNMA) in 1981, an environmental structure was

created for prevention, improvement and recovery of the environmental quality. The objectives presented in the law 6938/81, that establishes the PNMA, show the need of change in all steps of the process of infrastructure works. Starting with the planning which is carried through the whole period of operation and after the closure of the activity; All the decisions must be made based on the environmental topics surveyed in the legislation.

Nowadays, the legislation requires license procedures for the implantation of highways which include, environmental studies of the region, socio-economic studies and analysis on the impacts resulting from activities in the physical and anthropic environments. A lot of changes occur in the rural as well as in the urban habitat, due to a highway construction. The use and occupation of the land around a highway may lead to a territorial disorder that may reach big proportions.

From the environmental point of view, the construction or operation of highways causes impacts on the soil, in the air, fauna and water ways. An environmental awareness is needed and it is restrictive as for the magnitude and the consequences generated by the work. The relation between environmental management and engineering projects management is not always in favor to the financial point of view, since the legal requirements demand high amounts of investments on studies and in technology which may not benefit the performance of the project from the strategic point of view.

The effects mentioned above, allied to legal requirements, demand advances in the technological and scientific fields in order to combine the needs for implantation and performance of the project concerning its feasibility and the environment's needs when it receives the enterprise. To balance such issues means getting closer to the sustainability ideals.

In face of the explanation, this article tries to demonstrate what is necessary to accomplish the implantation works on highways as well as pointing out the importance of an alliance between environmental management and the projects itself. The case study on the highway BR-101, allows a better analysis of the problem, presenting what has been required and what has already been performed according to the current legal basis.

1. Bibliographical Revision

The highway system and environment

As stated by the National Department of Transportation Infrastructure (DNIT, 1996) the development of a highway system involves two phases, analysis, projects and accompaniment which are related to the environment. The Highway Department of Santa Catarina – DERSC 1998 – classifies these projects in three ways:

- Implantation Project: there is freedom to choose the road trace as long as the areas which are protected by law, such as environmental reserves and conservation sites are identified and preserved.
- Improvement projects: Those which allow adaptability of an existing highway to new traffic conditions.
- Restoration Projects: Presentation of the renewal system of an existing pavement if it is worn or in bad conservation conditions.

After analysis and formalization of the project, this will have to be approved by the current environmental department.

It is known that the road planning procedures involve lots of phases nowadays such as judicial, economic, environmental and administrative, besides of course the engineering project itself. Moreover, according to EVANS & WILKES (1992) the fundamental principal that is being sought all over the world, is a reasonable equilibrium between the benefits for the community as a whole and the needs of individuals and organisms affected directly by the enterprise. So, the decision-making concerning transportation has become a sharing process between purposes and needs of the Transportation Agency and the people that go from the launching of trace alternatives, which go through evaluations on environmental impacts, proposals on mitigating measures to the selection of a trace alternative to be detailed and implanted afterwards.

When the environmental aspects are taken into consideration in a short term within the process of implantation of a highway, including an analysis of cumulative impacts considering its environmental, economic and social consequences, the acts heads towards the causes of environmental deterioration and

not towards its symptoms. This way, the decision-making is based upon an ecologically sustainable development (LISBOA,2002).

It is important to point out that according to Sá (1996), the main activities found in the construction of a highway are, mobilization, the installation of the construction site, the work implantation and its demobilization. They cause deforestation, earth works, layer exploration, “bota-foras” (areas in which are deposited waste materials such as work rubble, remnant mouldings, cleaning material, cutting excess, etc.), fauna evasion, migrating processes, expropriation, accessibility and alteration in water, air and soil quality, among others.

Right after the work’s implantation and the demobilization of construction sites and factories, it is started the road operation phase. As Fogliatti et. al. (2004) states, this phase involves conservation and restoration activities. The conservation of a highway involves preventive and corrective activities of control and maintenance of road ways involving monitoring and an eventual physical intervention. The restoration works are necessary when the highway is deteriorated by the usage as for the pavement’s lifetime natural wear, vehicles overload or works badly performed.

As Sá (1996) claims, these activities consist of: restoration of pavement and other improvements with or without alteration of the trace, restoration in order to increase capacity and safety, restoration with partial or total duplication of single existing highway or even restoration of vicinal highways.

Transportation and Environment

The environment is affected by various impacts that are generated in the implantation phase when compaction, earth work, vegetal covering removal, among other aggressions already mentioned, occur,

as well as during the operation of the highways when the major impact derives from transportation. The increase in motorized vehicles in circulation and the spreading of cities has largely increased the consumption of natural resources such as soil and energy. The analysis of natural resources consumption rate currently verified in several industrialized countries appears to be unsustainable (ALCANTARA, 2006).

The impacts on environment due to transportation have been analyzed according to two aspects: 1) general - seeks approaching the theme under the optics of urban development and its implications which falls back into the analysis on the use and occupation of the soil, the physical distribution of activities and its relation with the transportation demand; 2) specific – approaches one or more impacts correlated to traffic congestion, pollution and fuel consumption (ALCANTARA, 2006).

Several authors mentioned by Alcântara (2006) number the environmental impacts caused by transportation ways. Table 1 shows such impacts concerning the interactions between the enterprises and the socio-economic, biotic and non biotic environments.

Environmental Management applied to the highway modal

The environmental management was created in order to face the environmental crisis caused by man

Table 1 – External impacts, from various authors. (Source: ALCANTARA, 2006).

Bovy, 1990	Button, 1993	Miller &Moffet, 1993	Verhoef, 1994	Litman, 1996
Air Pollution	Air Pollution	Energy	Traffic congestion	Accidents
Noise	Water	Traffic congestion	Accidents	Traffic congestion
Soil	Soil	Parking	Pollution	Parking
Solid Waste	Solid waste	Vibration	Noise	Soil usage
Accidents	Accidents	Accidents	Parking	Earth value
Energy	Noise	Noise	Natural resources	Air pollution
Landscape	Urban destruction	Air pollution	Waste	Noise
	Traffic congestion	Water pollution	“Barrier” effect	Natural resources
		Soil loss	Visual impact	“Barrier” effect
		Historical constructions	Traffic disturbance	Water pollution
		Property value		Solid waste
		Urban expansion		

actions which have misbalanced the biosphere and its ecosystems. A set of coordinating actions called environmental management proposes solutions to the conflicts around the use of the environment by humanity (BRAGA, 2005).

In the beginning the environmental concern revolved around remediation costs. The awareness did not impede pollution, it only forced remediation of the damage to guarantee the accomplishment of the current environmental laws.

Nowadays, because of society's concern with environmental matters, there has been a change in behavior, where it is observed a voluntary proactive environmental attitude which improves the relationship between entrepreneurs and environmental departments, besides enticing investors and stockholders and facilitating access to financing. The enlargement of the market share is another positive aspect of the proactive attitude (LORA, 2002).

The environmental management disposes of technical, economic and legal tools to establish access conditions to environmental assets. It is expected a reduction of the deterioration of the environmental quality when there is application of an environmental management system. The system may also generate improvements to the environmental quality with its recovery, with the fulfillment of imposed patterns (BRAGA, 2005).

The bad conservation of highways causes several losses for companies, drivers and environment. In a study, the calculation of costs was related to maintenance, fuel consumption, travel time and carbon dioxide emissions. The results of the study indicate an expenditure of R\$34,00 for a 100km in roads in bad conservation conditions. For load trucks the expenditure was 10% more when running in highways in bad conditions (BARTHOLOMEU, 2001).

Bartholomeu (2001) claimed that improvements in highway conditions could reduce the freight costs, fuel consumption, travel time and carbon dioxide emissions to the atmosphere.

Since 1995, the National Transportation Confederation has been doing a research on the national highway network aiming at evaluating the development in the highway conditions. The aspects observed are: general conditions, signalization, paving and engineering aspects. (CNT, 2006).

Bellia et al. (2004), points out the relation between the environment and road conservation, claiming that deficient conservation causes traffic problems, noise, undesirable vibrations, more gas and solid particle emissions, loss of fossil fuel and energy in parts.

Reis (2006) concluded that the operational costs of the, approximately, 1.8 million trucks could be reduced to 32,1% if all the paved roads were in good conservation condition. The Quality Audit of federal highway works reported that most part of the highway network is old, having surpassed its lifecycle or requiring restoration work (BRASILIA, 2004).

The Union Courts of Accounts pointed out that in a stretch in critical conditions the number of accidents can go up to 50%. Robbery rate also increase in roads in critical condition or without police patrol (BRASILIA, 2004).

DNIT is today the department responsible for the implantation of road enterprises that should associate its policies and actions to environmental matters. The IBAMA, a national department, the state departments of the National Environmental System (OEMAs) and the non governmental organizations must participate in the discussion with DNIT in order to integrate the aspects mentioned and the management of public interest to the projects' characteristics (BELLIA et al., 2004).

Nowadays, within the approach of sustainable development, there is the Agenda 21 as a directive for the sustainability integration to socio-economic development. In the scope of the transportation sector, the need to increase operational efficiency in the transportation systems as a way to reduce loss of energy and time and also to improve air quality. Among the directives the need of surveying and managing the environmental passives connected to road activity (CNUMAD, 1997).

As defined in the Global Agenda 21 signed by 179 countries that joined the ECO 92, sustainable environmental transportation is the one that do not endangers the public health or ecosystems and that fulfills the mobilization needs in a consisting way with (i) the use of renewable resources at levels under its rates of regeneration and (ii) the use of non renewable resources at levels under the development of renewable substitutes" (CNUMAD, 1997).

In order to guarantee the accomplishment of implantation and operation procedures highway enterprises,

in accordance with the laws and environmental rules, the National Department of Transportation Infrastructure (DNIT) published handbooks that could standardize such procedures. The highways are a patrimony that demand high investments, nevertheless efforts are necessary to guarantee quality in service end safety for users.

BELLIA et al. (2004) seeks establishing environmental practices in all sectors of DNIT, in compliance with the current legislation. Programs and environmental projects are defined for the development of sustainable works.

The highway enterprises include the construction of the runway and the necessary works of art, which causes impacts since the planning stage. The current legislation is restrictive to the expedition of licenses, but Bandeira (2004) points out the importance of controlling the highway operation phase. The impacts generated in this phase, due to the indefinite period of duration, can be considered even greater than in the other phases.

To accomplish the EIA/RIMA, an Environmental Impacts Analysis (AIA) is required to identify, set value and interpret the possible impacts of the project in the implantation and operation phases. The impacts are classified according to positive or negative effects, to nature, direct and indirect, periodicity (temporary, permanent or cyclic) and to reversibility, reversible and non reversible.

As already approached in this present work, highways are development projects. So the Environmental Impacts Evaluation does not apply efficiently in face of the complexity of such projects. Partidário (2001) shows the Strategic Environmental Evaluation as an instrument to substitute the AIA when applied to more strategic levels of decision-making.

The Strategic Environmental Evaluation (AAE) contributes to more sustainable policies and planning while it integrates them to environmental matters. This instrument is of less technical nature, relating itself more with social and political sciences, as the AIA deals with policies, plans and programs (PARTIDÁRIO, 2001)

2. Case study: Highway BR-101

The infrastructure projects generate flooding, deforestations and earth work, besides these impacts,

considered as direct, there are the indirect impacts resulting from such actions. Road constructions increase the amount of accessible lands. The expansion of the Federal Highway Network has affected the national territory once there was not a correct planning for soil occupation.

According to Dean (1995; cited by REID et al. , s.d.) the southern part of Bahia used to have a bigger continuous belt of the Atlantic forest till it was reduced to around 80% after the opening of the BR-101, in 1971.

The Highway BR-101 includes 12 states, crossing the Brazilian coastline from Rio Grande do Norte to Rio Grande do Sul. With a total extension of 4553 Km divided in the stretches South, Northeast and Southeast. Built during the 70's and 80's, the highway was very well known as trans coastline. Today is the main connection between the Northeast, southeast and south regions of Brazil.

The highway constitutes of an important way of access to several regions of the national territory, being considered a factor of social and economic development of areas that were previously very much isolated. The major facility of products flow within the highway allowed a better exploration of areas which enticed companies and real state's interests.

The project and implantation of the highway which began in the 70's, are among the several advantages pointed out for the economic development, having as a priority the development, exploration and construction of the infrastructure. This way stretches were built and launched without the necessary environmental concern for this kind of enterprise.

The indicated strategy, allied to bad conservation of highways and the lack of regulation for soil use, resulted in a picture of countless losses. Transportation companies, local communities and commerce were affected in several ways. The same occurred to the environment: forest, unexplored areas, animal and plant species were exposed in order to ease the project's development.

The concept of environmental passive refers to external negative effects generated by enterprises. In the highway context, we can exemplify as passives, the drainage discharge, slope from cut, unstable embankments and future aggradations, as passives that result in loss for third parties. The drainage discharges may cause ravines in other areas;

the unstable slopes are also a constant threat to the users and to the surrounding communities of the highway.

An environmental passive cannot be totally eliminated, but it must be administered and maintained in reasonable conditions. The management involves the detection, register and proposition of corrective solutions and its costs, and decision-taking of recovery actions. There are several projects available to help the conservation teams solve problems that may occur throughout the highway's lifecycle. Nowadays the BR-101 requires the implantation of environmental and social projects that may arise to mitigate the environmental passives.

The hunger towards tourism, the reduction in displacement time, the reduction of product's flow and the improvement in safety conditions are among the goals of investments destined to highway works. There are maintenance and duplication works of the highway in several stretches today.

The inclusion of the enterprise makes it important to point out the different conditions found in each stretch. In the south stretch, for example, the presence of indigenous populations should be taken into consideration in the whole process of study and license of the duplication works. The first Study on Environmental Impacts was concluded in 1999, evaluated by the according environmental departments and the FUNAI claimed that the study required complementation. The result was a second Study on Environmental Impacts, concluded in 2000.

Among the deployments of this enterprise, there are the political and economic factors on the enlargement of the highway's capacity for the connections with the Mercosul countries. Therefore, it is concluded that there is a national interest once the project integrates the "Programa Avanço Brasil" of the federal government.

The study's complexity next to indigenous communities required the participation of anthropologists in the multidisciplinary team, aiming at allowing the work's accomplishment with the understanding of the needs and the reality of the different tribes found in the region. The enterprise's interface with the indigenous population involves the difficulty in adaptation and acquaintanceship between the Indians and the presence of the highway, that according to the EIA, brought a dependency of the indigenous community in

relation to the regional society bringing along problems of alcoholism and prostitution.

In this stretch of the highway FUNAI and IBAMA acted as the licensing departments. The geophysics studies confirmed the project's viability, but the expedition of the Installation License depends on the analysis and approval of measures in favor of the indigenous community. On a federal basis, it is discussed the legal and juridical aspects of an implantation of a development project in indigenous lands, involving the necessity of the community's removal.

The enlargement of the stretch Palhoça-Osório demands compensation programs for conservation units, in support to indigenous communities and "quilombola" communities, of management and environmental education, among others. The environmental monitoring includes procedures consisting of the Basic Environmental Program to control and inspect the environmental quality during the works.

In the Northeast stretch, the highway has an extension of 398,9 Km with an investment of R\$1,94 billion. The works include the states of Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, crossing several cities. The studies on restoration and adequacy of the capacity of the BR-101/NE involves monitoring of fauna, flora and hydric resources, vegetation replacement and recovery of the Atlantic forest; among other aspects related to the implantation of the enterprise such as layer exploration, cut slopes, work quarry.

In Paraíba, the highway passes along the Guaribas Biological Reserve which function is to recover forests ecosystems and protect the water courses, as IBAMA states.

The increase in the number of visitors in the states, the rise in safety conditions, reduction in freight costs and the reduction in travel time are among the advantages of the duplication of the BR-101. In the duplication axis of the highway there is the Suape Industrial complex with expectation of enlargement and companies enticement, generating employment. The real state market is also strongly impelled by the works.

Among the negative impacts to society are: the need of expropriation which end in juridical dispute; road salesman profits' reduction due to the higher speed of circulation; adequacy needs in commercial establishments placed at the margin of the highway. In Bahia the highway

plays an important role for wood flow to the cellulose plants of the region, as well as in transporting the cellulose to the port of Vitória/ES. The tourism also contributes to the increase in transportation flow that exceeds 12 thousand vehicles per day, according to the DNIT. For the restoration of this stretch of 171 Km, it is estimated an investment of R\$68,5 million.

In Espírito Santo, the highway totalizes 458 Km. The highway passes through the Sooretama Biological Reserve which, according to the IBAMA, it preserves the local fauna and reminiscent Atlantic Forest. The reserve of 24 thousand hectares, created in 1982, has difficulties in preserving the area due to hunting, deforestation, forest fire allied to the open access by the highway.

In Rio de Janeiro, the highway has an extension of 594 Km, crossing the National Park of Bocaina range, created in 1971. According to the data from IBAMA, the park aims at preserving the Atlantic Forest and its land and sea biome. The BR-101 is still the main access to the Cairucú Environmental Protection Area, created in 1983. With 33.800 hectares it shelters an indigenous village, besides fauna and flora species threaten to extinction.

The highway duplication works have revealed a total of 142 archeological sites – National Institute of Historical and Artistic Patrimony. Mainly in Santa Catarina some sites were destroyed by the action of the working machines. Since the current legislation protects the sites, it is necessary the participation of archeological teams in the development of the works.

2.1 Characterization of the Enterprise

The south stretch of the Highway BR-101 which connects Palhoça (RS) to Osório (SC), crosses 18 cities in Santa Catarina and 7 cities in Rio Grande do Sul, with approximately 348 Km of extension.

The data surveyed in the present work show the results of the Environmental Impact Study, of the Environmental Impacts Reports and of the Environmental Programs accomplished by the DNER (National Highway Department)/DNIT in partnership with IME (DNER, 1999).

The area of direct influence of the project includes:

- 6 conservation units (Parque Municipal de Palhoça, Parque Municipal de Maracajá, Parque Estadual da

Serra do Tabuleiro, Reserva Biológica de Osório, APA Municipal de Terra de Areia, APA Municipal de Osório (Morro da Borússia)

- 4 water courses (Lagoa Imaruí, Rio Massiambu, Rio Três Forquilhas, Rio Tainha);
- 2 indigenous villages (Morro do Padre, Massiambu);
- 7 urban passages;
- 1 Permanent Preservation Area (Ciliares Forests).

The highway BR-101 crosses fountain areas constituted by the hydrographic complex of the atlantic slope (SC) and by the lagoon complex of the north shoreline of the State of Rio Grande do Sul (Mirim, Imauri and Santo Antonio lagoons). The first one is formed by a series of isolated basins, comprehending an area of approximately 35.298 Km² receiving contributions of the River Itajaí Basin, the rivers: Rio Tubarão, Rio Araranguá, Rio Itapocú, Rio Mampituba (divisa com o Rio Grande do Sul), Rio Urussanga, Rio Cubatão and Rio d'Una (LACERDA 1995). The second begins in Lagoa Itapeva, which is connected to Lagoa dos Quadros through Rio Cornélios, that leads to the lagoon system of Lagoas Malvas, Palmital e Pinguela. It is through the rivers Rio dos Postes that occurs the connection between this lagoon complex and the Lagoa do Passo. The county of Osório stands out for its 23 lagoons, some artificially connected. The Lagoa de Tramandaí connects the system to the ocean (Plano Ambiental Municipal, s.d.).

2.1.1 Socio-economic environment

– Conflict on the use and occupation of the soil

The highway stretch analyzed crosses ten municipal headquarters, seven of which are in Santa Catarina (palhoça Paulo Lopes, Capivari de Baixo, Tubarão, Araranguá, Santa Rosa do Sul e Sombrio) and three in Rio Grande do Sul (Osório, Três Cachoeiras e Terra de Areia). Therefore the margin of the highway is occupied with different activities defining residential use, neighborhood businesses, fuel supply services and maintenance of vehicles, schools, churches, warehouses, industries and shopping malls which generate a great side friction to the bed margins of the road.

It is observed rural and urban use, mainly soil use for agriculture. In Santa Catarina the presence of ceramic industries is pointed out. Among the factors that limit the

soil use there are fertility deficiency, excess or lack of water, susceptibility to erosion and automation impediment.

Table 2 – Representation of use and occupation of the soil

Occupation	Km	% of total Km
Intensively urbanized	45,7	11,85
Medium urbanized	93,6	24,28
Little or not urbanized	245,3	63,63

Source: DNER; 1999

– Alteration in the economic activities, employment conditions and population’s quality of life

It is pointed out here the economic activities of the counties of Palhoça and Osório. For the first one, besides the generation of employment during the works, it is foreseen an even bigger contribution when the works are concluded. Among the new anticipated activities are: distribution centers, industrial districts, real state enterprises, commercial enterprises and hotels. The county also anticipates a nautical polo estimated to generate 5 thousand new jobs and entice 60 companies such as shipyards, marines, hotels and restaurants (Diário Catarinense, 6 de julho de 2008).

Osório, in Rio Grande do Sul, has agricultural activity, cattle raising, husbandries, forestry with poverty incidence rate of 24,22%, according to IBGE. The active population is distributed among the exploration activities of crops and livestock, industrial activities and of the services sector which employs more than 60% of the population.

The Laguna port situated at the lagoon system that comprehends the Mirim, Imaruí, and Santo Antonio lagoons, is the route to fishery products transportation which is a renown activity in the region, being produced, in Santa Catarina, 80.000 tons of fish per year. The port of Imbituba moves grains, containers, sugar, metallurgic coal, coke, salt, phosphorus rock, phosphorus acid, caustic, fish and other loads, the BR-101 will soon connect the industrial poles through these ports, along the Atlantic coastline.

– Traffic safety, noise, vibrations, stray

The highway works are presented as pioneer in the implantation of the Federal Highway Environmental Management Supporting System (SAGARF) which aims to

assist the DNIT in the development of projects strictly in accordance with the environmental requirements. The program gives information related to the license process on the characterization of the enterprise and its interface with the biotic and physical environments (BARBOSA, 2007).

The reduction of discomfort and accidents while in the working phase, the control and reduction in the emission of atmosphere and sound pollutants and the communities’ health and safety preservation affected directly or indirectly with the work correspond to anticipated actions of environmental programs already defined.

Implantation phase – the noise production and stray caused by machines and equipments, vehicle traffic, dust and smoke from the moving machines and equipments, crushing plants and from the production of asphalt mixtures are characteristic in this phase. Particle emissions due to rock drilling, dismantling and the use of explosives, fugitive emissions (storage piles, truck carting, fire whip) and vehicle fuel burning are also generated.

The noise comes mainly from the compressors, small hammers, explosives and crushers. The levels of noise and air pollution measured in 2005 during the work’s implantation phase, maintained at 90% within the patterns established in the resolution CONAMA 01/90. Among the measures accomplished during the diagnosis we had the lower value for, Três Cachoeiras with 79 db of maximum noise and as the higher level by Araranguá with 59,3 db of background noise and 87db of maximum noise (PROGRAMA DE CONTROLE DE MATERIAL PARTICULADO, GASES E RUÍDOS).

Operation phase – While the duplication of the highway made possible the development and enticement of new investments for the region, the trucks and passenger vehicles flow will increase causing more noise, vibrations (due to large trucks) and pollutants along the stretch.

As the highway operates, the background noises should increase up to 1,5 db for each addition of 1000 vehicles in circulation. As to dust emissions it is expected to be of little magnitude in the stretches where there is high grade of soil humidity.

The presence of adequate signaling equipment is essential in the two phases of the project. The presence of signaling equipments, which is the working team’s responsibility, helps orienting the drivers and avoids accidents.

The speed limits stipulation of 80 Km and of 40 Km in deflections acts as safety margins. The optimization of vehicles flow in the highway minimizes the vehicle noise emissions, gases and particle material.

– Expropriations

In order to accomplish the duplication works it was necessary to expropriate families that resided in the project's dominium strip, that is, the 60 meters safety limit strip. This process had to occur before the beginning of the work. According to the environmental program dedicated to this kind of impact, the negotiations with the family affected must guarantee a fair reimbursement for the property or resettlement so there will not be loss of patrimony or of life quality according to the eligibility criteria and vulnerability test.

– Risks to cultural, historical and archeological patrimonies

The project's implantation area is rich for its archeological patrimony due to the pre-colonial occupation represented by indigenous and European populations. The environmental diagnosis of the region included a survey of this patrimony, sent and approved by IPHAN which recommended rescuing procedures and constant monitoring during the work's development.

2.1.2 Biotic environment

The project's indirect influence area shelters rich vegetation, various formations of Atlantic Forest, including reefs and mangroves. Among the fauna species in the area are mammals, birds and fish which some of them are rare. The conservation units in the area are listed below with some of its characteristics:

– National Patrimony: Zona Costeira, Serra do Mar e Mata Atlântica (Constituição Federal 1988);

– Reserva da Biosfera da Mata Atlântica – 35 millions of hectares, including areas in 15 of the 17 Brazilian states occupied by the Atlantic Forest;

– Área Tombada da Floresta Atlântica in Santa Catarina state;

– Área Tombada da Floresta Atlântica in the state of Rio Grande do Sul;

– Parque Nacional da Serra Geral – shelters fauna (including species in extinction), flora (Floresta Araucária,

Campos e Floresta Pluvial Atlântica), landscapes and biotic and non biotic resources in 17333 ha;

– Parque Nacional de Aparados da Serra (Portaria nº 26/2003) – has the objective of preserving vegetal formations and morphological and geomorphologic aspects of the area of 13082 ha;

– Reserva Biológica Municipal de Osório;

– Área de Proteção Ambiental do Morro de Osório (lei de criação nº 2665 de 1994);

– Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (Decreto nº 1.260/75) – 87405 keeps humid tropical forests of large leafs (atlantic forest), coniferous tropical forests (araucária forest), reefs, altitude fields and mangroves;

– Estação Ecológica de Aratinga (Decreto de criação nº 37375/1997)– has the objective of preserving fountains, araucária forest and wild fauna is a preservation unit where only scientific research and educational visits are allowed;

– Reserva Biológica Estadual Mata Paludosa (Decreto de criação nº 38972 /1998)– protects wild flora and fauna, including a lot of species in danger of extinction;

– APA da Rota do Sol (Decreto de criação nº 37346/1997) – preserves fountains and forests allowing its recovery;

– Área Especial de Interesse Turístico;

– APA da Lagoa Itapeva;

– APA Guarita-Itapeva(Lei Nº 3449 / 2000).

– Impediment of ecological interchange processes by area cutting

The highways as modifiers of the natural environment, create corridors that may affect the dispersion pattern of local species. The running over of animals becomes a worry, once the highway can be located within the displacement strip of a specie. Some species have great biotic potential and mortality by trampling is compensated by its reproduction. The species of reduced populations and low reproduction dynamic tend to not compensate these losses.

Fields, lawns and herb cultivation parallel to the highway turn up to be appealing to big herbivores and granivorous birds. In the analyzed duplication stretch twenty five species of invertebrates victims of trampling were identified, including the area in front of APA Municipal do

Morro Osório. Among the hit species we can state the percentage of: 48% of mammals, 48% of birds and 4% of amphibious.

The mammals, birds and amphibious found in the region of the highway stretch and the consequently trampled: MAMMALS – opossum, wood dog, dog, ferret, cat, pig, *preá*, sorrel, rat, hedgedog, *ratão do banhado* and *mão-pelada*; Birds: *Tiê-preto*, *Mocho de orelha*, *Uru-bu*, *Suiriri-cavaleiro*, *Anu-preto*, *Chopim*, *Garibaldi*, *Par-dal*, *Coruja-buraqueira*, *Pombo europeu*, *Anu-branco*, *Tipiu*; Amphibious: frog.

Specific crossing structures for animals can be built where the forest covering or declined areas occur on both sides of the highway. The possibilities are: large tunnels with fences, constructed in several spots of the highway may adequate itself to the natural distribution of populations, must be projected for the most sensible species. Pictures 1 and 2 show different structures projected for the mitigation of this impact on fauna.

– Risk to protected areas and to important ecological biotypes

Since it is inserted in a region of the Atlantic Forest domain, the enterprise may bring several risks along its phases. The expected advance due to the duplication may cause alterations by anthropic actions to the protected areas, characterized by crops and livestock activities, reforestation and urban agglomerates.

The forest formations shelters the richest endangered species followed by swamps and fields. Mainly during the construction phase, the removal of biotypes causes a devastation of species important to the protected area. Native vegetation is also removed in the process, causing an unbalance in the fauna and flora of the region. Close to the highway there are several conservation units (protected areas) being the most important and significant the Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, where is found species which are endemic, rare and in danger of extinction.

– Reduction of vegetal covering

According to DNIT, the highways' sketch must minimize the interference in forest areas and permanent preservation areas. The reduction of the vegetal covering occurs during



Picture 1 – Passage for small animals in the highway BR-101 south (Source: PBA – subprograma de proteção à fauna, 2001).



Picture 2 – Ecological bridge in the highway BR-101 south. (Source: PBA – subprograma de proteção à fauna, 2001).

the opening of accesses and domain strip (roadway), implantation of work sites and settlements and crossing of drainage courses.

Since the project's influence area is located in the Atlantic Forest's domain part of the predominant original vegetal covering, the dense coniferous forest, was removed. In this domain strip of the highway currently predominates areas constituted of fructiferous and ornamental trees and of arborization along the highway with exotic species of *Pinus* and *Eucaliptus*. After the removal, it is verified along the highway the predominance of intermediate successive forests and, in a minor scale, the forests in regeneration.

– Pressure on terrestrial and aquatic ecosystems:

The survey on fountain conditions in the area where the enterprise is being accomplished, pointed out the degradation of hydric bodies due to the disposal of effluents from mining activities, starch factories, brick factories,

leather factories, manioc flour mills, agriculture (pesticide), besides domestic waste.

The rivers Tubarão, d'una, Urussanga, Araranguá e Mampituba present high levels of contamination by pesticides and effluents from coal activities which made the waters inappropriate for human consumption and also restrained other uses. Problems with constant floods were also verified, caused by the degradation of the river margins due to intensive agricultural activity, erosion, and carting of solids to the river beds.

In order to guarantee the urban supplying, the fountains to be preserved were indicated and the data on population's consumption and agricultural activity were surveyed.

2.1.3 Physical Environment

- **Soil removal; induction of erosion processes; slope instability; base rupture; earth work, borrow pits and "bota-foras"**

There are regions constituted by rock formations that are detonated with the use of explosives. Where there are "quilombola" or indigenous communities and housing complexes, the mountain cannot be removed so tunnels are built which cause minor environmental impacts. The perforation of tunnels does not affect the communities with the same magnitude as the detonations, that could affect structures.

- **Degradation of work sites, tracks and service paths**

Like every civil work of great magnitude, the BR-101 South caused degradation when implanting its work site, tracks and service paths. Although the levels of destruction had not been reported, it was necessary to implement the basic environmental programs to continue with the work.

The removal of the native vegetation for the opening of service paths and implantation of work sites is inevitable in this kind of work, in large areas covered with vegetation.

- **Decline of water table; risk to the quality of underground and slight water by concentration of pollutants**

Cunha et al (2009) points out the action of solid pollutants to the aquatic environment, stating, among the consequences, the increase of turbidity of waters and the decrease of light penetration which compromise the aquatic

ecosystems. The dust raised in public roadways may disseminate and affect neighborhoods, since the sedimentation process of these particles is fast.

Heavy metals, oils, grease, sulfur and nitrogen oxide, bar and manganese are among the contaminators of the aquatic environment. The Study on Environmental Impact of the enterprise here analyzed, shows such contaminators and analysis methods of the contaminators' concentration bands for detection of contaminated areas.

The diagnosis of the fountain's quality before the beginning of the work consisted on the data survey of parameters that can be affected with the enterprise. The confirmation of fountains already degraded indicates that the interference of the activities in discussion will not be meaningful.

Nevertheless, the area of direct influence of the enterprise counts with fountains used for human supplying. The possible alterations originated from the works are: temperature rise, turbidity, chemical demand of oxygen, color and conductivity, besides the increase in the levels of nitrate, ammonia, phosphates, chlorites and coli forms. The related causes are: disposal of effluents, earth movements, disposal of organic loads and agricultural inputs.

During the highway's operation period, the impacts which are considered responsible for the degradation of hydric bodies are related to the transportation of hazardous products. The mitigating actions are seen in the environmental program of transportation of hazardous products.

2.2 Motivations for the highway duplication

The paving work in the stretch of the BR-101 was concluded in 1971 consisting of a simple lane of 7,0 m in length with shoulders. Along the highway's operation period there has been the natural wear of the retread pavement in an intermittent way. The stretch has been through enlargement and restoration works in order to adequate the highway's capacity to the amount of traffic with an average of 10500 vehicles a day.

In view of this situation, a picture of insecurity is drawn which does not harmonize with the enterprise's importance. Having in mind that this highway is the main roadway axis of the south region and considering its role in tourism hunger and in the region's economy, the duplication is

seen as an opportunity to improve its service proposing to assure safety. Reduction in traffic jams and accidents, better connection between the region and economic poles, reduction in traveling time and costs.

2.3 Requirements of the license department

– Previous license nº 093, issued by IBAMA, in 04/26/2001

The license excludes a lot in Palhoça, where it is located the Indigenous Land Morro dos Cavalos, due to juridical aspects surveyed by the Government attorney's office/SC. From the conditionals for the licensing it is worth pointing out the need of complementation of geotechnical data of the places for tunnel construction, including geophysical investigation, testing, permeability trial or water loss and others.

As for the engineering project, it is required the minimization of impacts on some areas like the lagoon of Maruí in the area of Restinga and the south exit of the tunnel Morro Agudo. Attention with cattle passages and agricultural equipments, natural drainage devices and biological corridors (specially of endemic species), revision of the number of ramps and specifications of the work development plan (special care with permanent preserving areas, fauna passages, traffic deviation and signalization).

Delimitation of the domain strip localizing the areas of permanent preservation , Conservation Units and work interference areas (layers, work sites, borrow pits and "bota-foras") as well as their characterization which had to be included in the highway map. Detailed environmental programs for environment education and preservation of the historical patrimony, forest inventory of the areas where there will be suppression of vegetation, environmental compensation program detailed and approved by the IBAMA are also among the requirements of the environmental departments.

– Implantation License nº 181, issued in 11/25/2002

This type of license which is intermediary between the previous license and the operation license, allows that the highway continues with its implantation, although with pre requirements. These are factors that will have to be accomplished during this phase, however it is not known what

was mentioned in the installation license for the duplication of the highway BR-101 South, as for it had not been reported.

– Operation License

According to the legal requirement, the operation license is necessary for the beginning of the activities. It is known that there are stretches of the highway already operating, but there was no access to licenses related to them.

2.4 Environmental Passives

The evaluation and diagnosis of the environmental passives from the impact study, at the time accomplished under the responsibility of the DNER, pointed out 276 Environmental Passives with an urgent need of recovery which are:

- ninety four passives in the domain strip and surroundings;
- forty five passives in the areas of constructing materials' acquisition out of the domain strip;
- seventy eight passives of interference of third party's actions over the highway;
- fifty nine passives of highway's interference over urban equipments.

2.5 Implantation monitoring

The work's progress and the fulfilling of the license conditionals and measures of the environmental programs are essential so that the enterprise can generate the anticipated benefits and have the environmental impacts and the inconveniences to the community minimized. From this point of view the inspection from the part of the environmental departments and the monitoring from the part of the ones involved in the activities are essential.

The Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC) accomplished studies on the survey of the work's conditions. The work's accomplishment phase is especially the most inconvenient due to the moving of machinery, roadway stretches interdictions, the detonations and other activities increase the levels of noise, emissions of particle materials as well as the risk of accidents.

In May 21st of 2009 the report with the results of FIESC indicated that the work's chronogram had not been fulfilled. The final anticipation for the end of the activities was 2010, but according to FIESC the highway will only be finished in 2013 and it may still have a delay of one year and a half if new bidding processes are required.

The results presented indicated that:

- None of the five tunnels were built;
- Only 16 out of the 29 bridges were built and 10

are in progress;

- 18 spans need recovery, 11 are in progress and 7

without starting date ;

- 10 viaducts are in progress and 14 were built and another 14 were not initiated;

- Only 2 out of 62 ramps were built and 2 are in progress;

• 41 out of the 248,5 Km are paved without asphalt, 15,8 have its base in progress and 58,5 Km with traffic in the old roadway;

- Only around 49% of the anticipated budget was effectively released.

The report presented of the stretch of Palhoça county till the boarder of Rio Grande do Sul with the support of CREA-SC was a photographic report of the work stretches, in Anexo C can be seen some photos of the report and the related surveys. It is worth pointing out that the work's development agreements expire in January 2010 and that they cannot be renewed for legal matters. So, some of the works are taking the chance of not getting started or not being concluded.

Among the inconveniences caused to the residents of Palhoça there is the installation of a toll close to the county's center, by which a lot of residents pass through several times a day. According to the reporting of 26 of March of 2009 of the legislative assembly of the state of Santa Catarina, the county's residents asked to be exempted from the tax. The tax was prohibited and the state law nº 14284/2009 was approved.

However, in the 25 of May of 2009, the issues over the work's performance were discussed and analyzed in court. Even before the complexity of the enterprise and the deadlines , DNIT was sure of the possibility of concluding the work in 2010. In this same court it was established that the construction of the tunnels of the Morro dos Cavalos, Morro do Formigão, high Maracujá and the Ponte de Laguna which raises doubts as for the inconveniences caused by this break, the conclusion's deadline established by FIESC and by the legal issues already mentioned.

2.5.1 Inspection

According to the basic environmental program the inspection would be developed by DNER along with ESGA

and the acting constructor, because of the changes occurred due to the law nº 10233/01 and the abolition of the DNER, the action was absorbed by the DNIT.

The environmental supervision must be done through the monitoring of the inclusion of measures for erosion processes control, in the working phase. This is the program which presents the greater number of occurrences. The constructing companies are responsible for the troubleshooting mainly concerning the material sources. The layers and borrow pits have had the correct treatment in the recovery phase, which complies with the specifications of the project, approved by the IBAMA when it is needed an environmental license for these areas.

As for the urban passages, the Environmental Inspection is doing a survey of the bridges within the development project that does not have pedestrian passage and it is sending technical grades to the DNIT, requesting their inclusion in the project. The signalization used in the working phase, however, are inspected by the works' supervisors. Such supervisions accompany also controlling actions of particle materials, trucks covering and the watering of trucks in service and access to borrow pits(PBA- Monitoramento Ambiental).

The ANTT is responsible for the inspection of the trucks so that they will not run on the highway with overload. In July of 2009 the mentioned inspection was accomplished, since the overload may represent risks the user's safety, besides compromising the highway's quality due to damages to the pavement.

2.5.2 Monitoring

Several monitoring action plans already anticipated, for each Basic Environmental Program, especially the ones of "Erosion Processes Control", Recovery of Environmental Passives", "Landscape Gardening", Program of Flora and Fauna Monitoring" and " Reduction of accidents inconveniences in the working phase". All monitoring, according to the document, would be developed with the inspection of the DNER , development addressed to DNIT in June 2001 with support of the hired consulting company.

For the monitoring of gases, particle materials and noises, visual accompaniments of dust emissions should be done, as well as measurements of the under-pressure level and vibration levels each semester during the whole period

of construction. The monitoring of this program ends with the conclusion of the works and the deactivation of the activities in stone-pits and asphalt factories, when these areas will become the environmental recovery target.

In compliance with the Environmental Legislation and in attendance to the Installation License LI nº 181, November 25th of 2002 for the Capacity Enlargement and Modernization of the South Stretch of the BR-101 between Florianópolis -SC and Osorio – RS, the Authorizations for Vegetation Suppression – ASV, granted by IBAMA allowing the release of the work fronts.

Concerning the erosion process, we find the monitoring of the environmental passives in attendance to some different purposes such as: to register the environmental passives identified, a daily inspection of the stretch checking for the compliance of issues of environmental and institutional nature and fulfill the patterns defined in the recovery plan approved by the competent licensing departments. These inspections will occur periodically according to the more precise knowledge *in locun*, keeping in touch with the competent licensing departments. The same should be developed during the construction phase and it may be extended to the operation phase, if necessary. For the monitoring of the accidents and discomfort reduction plan in the working phase, the physical conditions of the signalization devices (vertical, horizontal, canalization and safety) should be visually inspected, if it is needed or not improvements in signalization with the help of the community and local users.

The selected places for the monitoring of hydric bodies follow size, department, and significance criteria, besides the local and regional importance of the rivers. The program began in January 2005, accomplished by CENTRAN and the Joinville University (UNIVILLE), responsible for collecting and analyzing the data and elaborate reports. Three monitoring campaigns of the hydric bodies were accomplished, the first one in 2005 and the others in 2006.

2.5.3 Environmental plans and programs required for licensing

The environmental programs come up as a result of the survey on the mitigating measures formulated from the environmental diagnosis and of the characterization of the environmental impacts consisting of the EIA/RIMA.

It comprehends innumerous actions in the different fields of the enterprise.

The program's scope aims to regard:

1) The inclusion of the necessary elements in the highway infrastructure to the satisfactory behavior of the enterprise throughout its lifecycle;

2) Minimizing actions of environmental impacts due to activities accomplished in the working phase;

3) Actions in parallel to all the phases of the enterprise, with the objective of protecting the environment from the effects generated by the work.

The set of all environmental programs characterizes the Environmental Management which inspects the works, manages the effective accomplishment of environmental plans and programs and implements the Programs of Social Communication and Environmental Education. So the environmental management is the tool that guarantees the conditional factors of the activity defined in the license to protect directly and indirectly the physical, biotic and anthropic environments involved in the activity.

2.6 Results and Discussions

From what it was shown, it is clear the difficulty of the public departments in fulfilling the legal requirements, the work's chronogram and even the projects, initially presented and approved within the license conditionals.

Although the studies accomplished for the working phase have stand out the inconveniences and the mitigating actions, the not fulfillment of the chronogram, the not anticipated interdictions of the running highway and the abandonment of working fronts, show and allow estimation of the increase in impacts that were anticipated for this phase.

The report on the Evaluation of the Multi Annual Plan (Brasília, 2008) found that the advance was less than the expected as for the construction and adequacy of highways which has guaranteed better results since 2007. When the activity is included in the Growth Accelerating Program (PAC). The low amount of financial resource, the delay of its release, the irregular use of investments and the administrative interferences are the reasons for the delay in the working process.

It is possible to stand out the needs from the studies: better adequacy of legal requirements to the real meaning

of concept and development of infrastructure projects and database investments that can ease the environmental studies and the environmental departments' evaluations. When there is an evolution in the solutions the license process becomes quicker and less onerous to bureaucracy.

As for the project it is pointed out the importance in assuring that biddings are efficient, that companies of technical, financial and managerial aptitude are not damaged with competition based on lower values offered by companies without the sufficient qualifications to develop the project.

During the case's study it was found that there had been irregularities in the environmental licensing process issued by IBAMA. The data considered in this document omitted the presence of the "quilombola" community situated in Morro Alto. Because it is an indigenous community, it should be in the EIA/RIMA as an indigenous reserve and it should have been necessary a preservation project. So the Government attorney's office (M.P.) sued the IBAMA and DNIT which made them remedy the failures. The DNIT had to accomplish the necessary studies related to the environmental impact caused to the "quilombola" community and set compensatory and mitigating measures. In relation to the IBAMA, this should adequate the failures to the constitutional rules that conduct the licensing. After the conviction, as requested by the MP, the Plan in support to the Quilombola Community of Morro Alto was established.

2.7 Conclusion

We understand the importance of the environmental management in engineering projects. It is also worth emphasizing the environmental management in all

technical, administrative, financial and legal tools as determinant factors to achieve sustainable development.

It is clear that the current environmental legislation does not include the limitations of the public departments, within what was explored, once that in the enterprises accomplished by those departments, there is not a full compliance of the legal requirements. The establishment of institutions, creation of rules and laws do not guarantee commitment to the environment, for that there is the need to go further on.

The capacity of public departments to comply with the mechanisms of the environmental system is seen as preponderant in order to demand the same commitment from all private and public companies. It is established the need to make sure that the public institutions have technical knowledge and availability of human and financial resources to ensure a good management.

The delay in the work's chronogram may be associated to difficulties in budget release as well as to the contractor's difficulties. In the first situation there is a deficiency in the administration of the public department. The contractor's delay may be associated to external factors to the project, such as, weather factors or bidding processes badly conducted.

It is pointed out the importance of the environmental departments being capable of practicing its inspection duties properly.

Concerning the political interests, it was observed that the political pressures act decisively in the processes, being even stronger than the environmental department's decisions. When this occur, the values of the environmental studies are not justified, since the data collecting, its analysis and conclusions do not lead to the effective actuation of the entrepreneur in environmental matters.

Aplicação de técnicas de reciclagem de pavimentos, como forma de minimizar os impactos ambientais causados em obras rodoviárias no Brasil

Clauber José Bandeira da Costa, MSc.

RESUMO

A necessidade da implantação de empreendimentos na área de engenharia e a constatação de sua viabilidade, segundo critérios técnicos e econômicos, sempre foram suficientes para a tomada de decisões nessa área. Neste sentido, os danos ambientais decorrentes dessas atividades foram considerados por muitos anos uma consequência natural, compensados pelos benefícios oriundos da oferta de bens e serviços. Contudo, o crescente impacto ambiental dessas atividades levou a sua regulamentação, destacando-se a obrigato-

riedade do desenvolvimento de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), em atendimento à Resolução CONAMA nº 001/86, de 23 de janeiro de 1986. Desta forma, o gerenciamento ambiental em obras rodoviárias federais brasileiras tomou grande impulso nas últimas décadas. Este trabalho tem como objetivo identificar as vantagens da aplicação de técnicas de reciclagem de pavimentos, como forma de minimizar os impactos ambientais causados por obras de restauração e/ou recuperação de rodovias federais brasileiras.

1. INTRODUÇÃO

A escolha brasileira pelo transporte rodoviário traz embutidas diversas consequências ambientais. Além do grande efeito poluidor dos gases liberados pelos escapamentos dos automóveis, há o impacto da construção das estradas que implica retirada e transferência de enormes quantidades de terra, desmatamento, alterações na forma de escoamento das águas, assoreamento de rios e expansão urbana associada e os impactos advindos da manutenção das vias.

De acordo com o Banco Mundial, existem mais de 15 milhões de quilômetros de estradas pavimentadas e rodovias no mundo inteiro. Cada ano, centenas de milha-

res de quilômetros das mesmas requerem grandes restaurações. Os governos e as autoridades locais no mundo inteiro gastam anualmente uma quantia estimada em 100 bilhões de dólares americanos no empenho de manter as rodovias funcionais e seguras. Entretanto, devido a orçamentos inadequados para o setor de transporte e ao custo elevado da restauração convencional, o acúmulo global de estradas deterioradas é significativo.

Pavimentos deteriorados têm como características superfícies de baixa qualidade e defeitos, como trincas, panelas e desagregação. A deterioração do pavimento é influenciada, em grande parte, por condições climáticas severas, volume intenso de tráfego e excesso de cargas, assim como pela qualidade da construção e manutenção

da estrada. Essa deterioração tende a acelerar-se após vários anos de serviço, mas a recuperação oportuna com recapeamento ou reciclagem pode restaurar a serventia do pavimento e aumentar a vida útil da rodovia.

A camada da superfície dos pavimentos asfálticos é composta de asfalto, um subproduto do petróleo, e agregado mineral, mistura de rocha de qualidade e areia. Em diversas regiões do mundo, estes materiais estão escassos, tornando-os mais caros. Durante décadas, os responsáveis pela pavimentação têm tentado diversos métodos e/ou tecnologias de restauração e conservação rodoviária, a fim de fazer a melhor utilização do agregado e asfalto presentes nos pavimentos asfálticos deteriorados. Um dos métodos mais promissores é a reciclagem de pavimentos, para a qual há uma variedade de equipamentos e processos consagrados. Estudos do Banco Mundial têm demonstrado que a reciclagem de pavimentos asfálticos é particularmente efetiva em termos de custo, quando realizada antes da deterioração extrema do pavimento.

Segundo Miranda e Silva (2000), a reciclagem de pavimentos tem se mostrado um bom caminho não apenas pela rapidez executiva, mas também pelo aspecto da preservação ambiental.

A técnica de reciclagem de revestimentos asfálticos traz vantagens em relação ao meio ambiente, pois faz uso total ou parcial dos materiais do pavimento existente, com seu devido beneficiamento. Também diminui a quantidade de resíduos gerados pelo método tradicional de recupera-

ção rodoviária, que em geral consta de adição de nova camada asfáltica ou mesmo pode ter bota-fora da antiga.

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS

2.1. A malha rodoviária federal

O transporte rodoviário passou a evidenciar a sua principal importância no processo de integração nacional a partir dos anos 40, em especial depois do término da Segunda Guerra Mundial.

Naquela época este modal ultrapassava o ferroviário na movimentação de cargas e, por volta de 1950, passou também a transportar mais “toneladas por quilômetro” de cargas domésticas do que a navegação de cabotagem.

A malha rodoviária brasileira apresentou sua maior expansão nas décadas de 60 e 70 – período em que cerca de 20% do total dos gastos do setor público, conforme relatório do Banco Mundial, foram destinados à construção e manutenção de estradas no país.

Os valores apresentados na Tabela 1 mostram a expansão da malha rodoviária brasileira ocorrida no período 1960/1980 e o declínio posterior.

A seguir, na Figura 1, os dados da Tabela 1 são mostrados graficamente, referentes à extensão da malha pavimentada rodoviária nacional (quantidade acumulada).

Vale destacar que o modal rodoviário é inserido no processo produtivo com importante função na atividade meio, com relevância no contexto do desenvolvimento global do

Tabela 1 – Evolução da Malha Rodoviária Nacional 1960/2000

Ano	Federal		Estatal		Municipal		Total Geral	
	Pavimento	Total**	Pavimento	Total	Pavimento	Total	Pavimento	Total
1960	8.675	32.402	4.026	75.875	–	353.649	12.703	461.926
1970	24.145	51.539	24.422	129.361	2.001	950.794	50.568	1.131.694
1980	39.695	59.175	41.612	147.368	5.906	1.180.373	87.213	1.386.916
1985	46.455	60.865	63.084	163.987	6.186	1.202.069	115.725	1.426.921
1987	48.544	62.238	70.188	176.115	8.971	1.248.033	127.703	1.486.386
1995*	51.400	67.500	81.900	199.100	14.900	1.391.300	148.200	1.658.000
2000*	57.000	71.000	9.500	213.000	21.000	1.450.000	173.000	1.734.000

* Valores aproximados

** Não estão computados as extensões de rodovias planejadas, mas não implantadas.

FONTE: DNIT

país, constitui grande indutor do desenvolvimento socioeconômico e é fator de segurança e de integração político-administrativa.

A falta de investimentos dos órgãos governamentais no setor rodoviário ocorrida nos últimos anos levou à degradação da rede viária brasileira. As consequências do

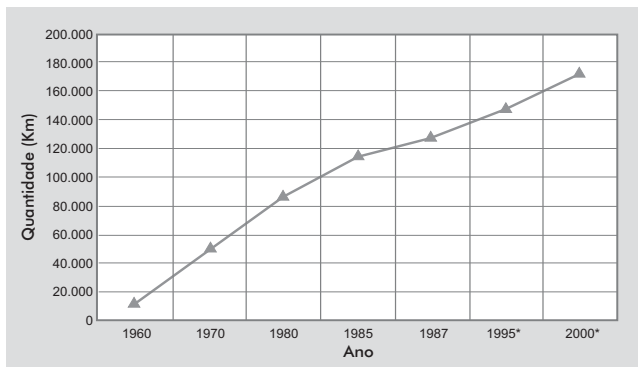


Figura 1 – Evolução da Malha Rodoviária Nacional Pavimentada 1960/2000

mau estado de conservação da rede e as perspectivas de agravamento da situação se traduzem em acréscimo do consumo de combustível e no tempo de viagem e elevação do índice de acidentes entre outros impactos negativos.

Assim, com os recursos públicos cada vez mais restritos, existe a necessidade de estudos e pesquisas voltadas às áreas de tecnologia e/ou processos que sejam técnica e economicamente viáveis bem como ecologicamente sustentáveis, de modo a promover um desenvolvimento socioeconômico-ambiental mais adequado.

3. IMPACTOS AMBIENTAIS

Entende-se por Impacto Ambiental qualquer alteração nas propriedades físicas e/ou químicas do meio ambiente, provocadas por ações humanas. Estes impactos podem ser classificados segundo uma série de características, como as colocadas na Tabela 2, a seguir (DNIT, 2005).

3.1. Impactos ambientais decorrentes de empreendimentos rodoviários

Tradicionalmente os programas rodoviários são divididos em quatro etapas ou fases, cada qual com características e estudos específicos com potencialidades distintas de impactar o meio ambiente (DNIT, 2005). Essas fases são: viabilidade, planejamento e projeto, construção e operação.

A fase de viabilidade consiste do processo de avaliação de uma rodovia sob o aspecto técnico-econômico, com base em um conjunto de estudos, conceituações e avaliações que permitem caracterizar o volume de tráfego anual e futuro, as alternativas de traçado e a definição técnica das alternativas quanto à capacidade, quantificação do conjunto de obras e à interferência com outros planos e programas, objetivando a avaliação dos benefícios resultantes da implantação comparados com os custos requeridos pela obra.

Segundo Fogliatti (2004), “na fase de planejamento de um sistema de transporte, devem-se incluir estudos de localização do projeto (no caso de projetos rodoviários, estudos de alternativas de traçado), determinado pelo artigo 5º da Resolução 001/86 do CONAMA, respeitando e observando a compatibilidade do projeto com os planos e programas do governo propostos na área de influência, além das análises de pré-viabilidade técnica e econômica do empreendimento”. Segundo Gourdad (2000), na fase de planejamento e projeto, não são observados impactos ambien-

Tabela 2 – Características dos Impactos Ambientais

CARACTERIZAÇÃO DO I.A.	OCORRÊNCIA
Positivo ou Benéfico	Quando a ação resulta na melhoria da qualidade de um fator ou parâmetro ambiental
Negativo ou Adverso	Quando a ação resulta em danos a um fator ou parâmetro ambiental.
Direto	Resultante de relação causa efeito (terraaplanagem x alteração de relevo e paisagem)
Indireto	Resultante de reação secundária (terraaplanagem x alteração de relevo e paisagem x alteração da drenagem natural x surgimento de processos erosivos x surgimento de processo de assoreamento).
Local	Quando a ação afeta apenas o próprio sítio e suas imediações
Regional	Quando um efeito se propaga por área além do sítio de ocorrência
Estratégico	Quando afeta um componente ou recurso ambiental de importância coletiva ou nacional
Imediato	Quando o efeito surge no instante em que se dá a ação (obras de implantação de uma rodovia x geração de empregos na região).
Médio Prazo	Quando o efeito se manifesta depois de certo tempo após a ação
Temporário	Quando o efeito permanece por um tempo determinado.
Permanente	Quando, uma vez executada a ação, os efeitos não cessam de se manifestar, num horizonte temporal conhecido.

Fonte: DNIT, 2005

tais significativos nos meios físicos e bióticos decorrentes das atividades apresentadas, porém esta fase pode ocasionar algumas expectativas, gerando impactos no meio antrópico.

Segundo Bella e Bidone (1993), “à medida que se iniciam os trabalhos visando o projeto de engenharia, é muito comum um processo intenso de valorização do preço da terra, tanto nas áreas rurais como nas áreas urbanas que passarão a ser servidas. Tal valorização tem como consequência as alterações de uso do solo e até mudança do público-alvo, que pode não resistir às ofertas de compra com valores crescentes, além de ocasionar impedimentos à construção e à operação e a potencialização de problemas sociais devido a interfaces com áreas de conflito social ou já degradadas ambientalmente”. Com isso, pode-se destacar como impacto ambiental na fase de planejamento e projeto a grande especulação quanto ao uso do solo, ou seja, a especulação imobiliária.

Durante a fase de implantação (construção) da rodovia, as principais atividades são basicamente: a mobilização, a instalação do canteiro, a implantação da obra e a desmobilização (SÁ, 1996). Assim, segundo estudos do GEIPOT (1995), tem-se como principais impactos observados na fase de implantação de um projeto rodoviário aqueles decorrentes do canteiro de obras, dos desmatamentos e limpeza dos caminhos de serviço, da terraplenagem, empréstimos e bota-fora, da drenagem e da exploração de materiais de construção, como, por exemplo, a indução de processos erosivos, os assoreamentos e a evasão da fauna, entre outros.

Depois da implantação da rodovia seguem-se as atividades relacionadas à sua operação que são iniciadas após a conclusão das obras de desmobilização de canteiros e usinas, mais precisamente quando for efetivada a liberação do corpo estradal aos diversos usuários, de modo que estes possam utilizá-lo com condições de conforto e segurança.

Assim, a fase de operação engloba atividades de conservação e de restauração. Podem ser destacadas: a conservação de rotina; a de emergência; a especial; e o reordenamento do

tráfego. Portanto, a conservação da rodovia envolve todas as atividades preventivas e corretivas de controle e de manutenção das rodovias. Podem ser citados como impactos decorrentes desta fase a poluição atmosférica, a poluição das águas, os ruídos e vibrações entre outros. Na Tabela 3 são mostradas as principais fontes de ruído nesta fase. Na Tabela 4 são apresentados exemplos de desconfortos causados por exposição a níveis de som em excesso.

Nesta fase também os padrões de qualidade do ar adotados no Brasil tem seus valores limite determinados pela Resolução CONAMA nº 03/90 de 28 de junho de 1990, conforme apresentado na Tabela 5.

Uma vez instalada a rodovia e iniciada a sua operação, começa sua deterioração e, portanto, se faz necessária obra

Tabela 3 – Origem dos Ruídos na fase de operação de uma rodovia

Grupos de ruídos	Fontes
Funcionamento dos maquinismos	Funcionamento do motor, entrada de ar e escapamento; sistema de arrefecimento e ventilação
Ruídos de movimento	Pneus em contato com o pavimento; atritos das rodas com os eixos; ruídos da transmissão; ruídos aerodinâmicos
Ruídos ocasionais	Buzinas; frenagens; ruídos da troca de marchas (reduções e acelerações); cargas soltas; fechamento de portas

Fonte: DNIT, 2000

Tabela 4 – Níveis de ruídos e suas consequências

Nível de ruído	Consequências
Até 50 dB	Leve Perturbação
Maiores que 55 dB	Estresse leve, desconforto
Maiores que 65 dB	Desequilíbrio bioquímico, risco de enfarte e derrame cerebral
Maiores que 80 dB	Liberação de morfina biológica
Maiores que 100 dB	Perda imediata da audição

Fonte: SOUZA, 1992 apud PEREIRA, 2000

Tabela 5 – Padrões Primários de Qualidade do Ar Ambiente

Poluente	Limite	Descrição
Dióxido de Enxofre SO ₂	80 ug/m ³ 365 ug/m	Média aritmética anual concentração máxima diária que não deve ser excedida mais que uma vez por ano.
Partículas Totais em suspensão	80ug/m ³ 240 ug/m ³	Média geométrica anual concentração máxima diária que não deve ser excedida mais que uma vez por ano.
Fumaça	60 ug/m ³ 150 ug/m ³	Média geométrica anual concentração máxima diária que não deve ser excedida mais que uma vez por ano.
Monóxido de Carbono	10 mg/m ³ (ou 9 p.p.m.) 40 mg/m ³ (ou 35 p.p.m.)	Concentração máxima em amostras de 8 horas, que não deve ser excedida mais do que uma vez por ano. Concentração máxima em amostras de 1 hora, que não deve ser excedida mais do que uma vez por ano.

Fonte: DNIT, 2000

de recuperação. Assim, a restauração de rodovias representa um conjunto de intervenções que visam o restabelecimento/recuperação total ou parcial de uma edificação a uma fase anterior. Dentre os impactos ambientais associados a esta fase, pode-se destacar: a fixação temporária de mão de obra, a emissão de poeira e gases, alterando a qualidade do ar, a incidência de focos de incêndio entre outros.

4. MÉTODOS TRADICIONAIS DE RESTAURAÇÃO E/OU RECUPERAÇÃO RODOVIÁRIA

Métodos tradicionais para o revestimento de pavimentos asfálticos deteriorados são a aplicação de novas mistu-

ras asfálticas a quente no recapeamento, com ou sem fresagem a frio, com equipamentos mostrados nas Figuras 2 e 3 como exemplo, e/ou a remoção dos materiais existentes na superfície com equipamento pesado tipo trator de esteira, (Fig. 4). Recapeamentos (adequada sobreposição ao pavimento existente de uma ou mais camada(s) constituída(s) de mistura(s) betuminosa(s) e/ou concreto de cimento Portland) são tipicamente utilizados sobre toda a superfície da rodovia, incluindo os acostamentos.

Entretanto, essas soluções convencionais utilizam grandes quantidades de recursos naturais, como material betuminoso e materiais agregados (material graúdo e miúdo) de alta qualidade. O processo de recapeamento, de pavimentos



Figura 2: Máquina Fresadora – Fonte: www.1gec.eb.mil.br



Figura 3: Máquina Fresadora – Fonte: www.1gec.eb.mil.br



Figura 4: Restauração Rodoviária – Fonte: www.1gec.eb.mil.br



Figura 5: Restauração Rodoviária – Fonte: www.1gec.eb.mil.br



Figura 6: Recapeamento Asfáltico – Fonte: www.1gec.eb.mil.br



Figura 7: Tapa-Buraco – Fonte: www.1gec.eb.mil.br

asfálticos, além de apresentar um custo relativamente alto, alterar a geometria da pista e sua cota, também consome muito tempo, interrompe o tráfego e é potencialmente perigoso para os motoristas e mão de obra envolvida no trabalho, como mostram os exemplos das Figuras 5, 6 e 7 a seguir.

4.1. Impactos ambientais associados aos métodos tradicionais de restauração e/ou recuperação rodoviária

Durante os serviços de restauração e/ou recuperação rodoviária, sobretudo para os métodos tradicionais, identificam-se possíveis impactos ambientais listados na Tabela 6.

No impacto ambiental identificado com o surgimento de erosões, deslizamentos, assoreamento, desertificação que normalmente ocorrem em caixas de empréstimo, nos locais de bota-foras e de disposição do material resultante da fresagem do pavimento, a medida mitigadora mais adequada é a execução de obras de drenagem complementares e de substituição de dispositivos.

Ainda sobre o meio biofísico, o impacto ambiental identificado com a aceleração do processo de extinção regional de animais silvestres, ocasionado por atropelamento, a medida mitigadora mais adequada é a execução de “passagem seca” para os referidos animais. Para o impacto ambiental causado pela elevada emissão de poeira

Tabela 6 – Impactos associados aos métodos tradicionais de reciclagem de pavimentos

MEIO BIOFÍSICO	Possíveis impactos ambientais	Exemplos de causas prováveis e/ou sinérgicas
Componente Ambiental: SOLO	<ol style="list-style-type: none"> Degradação do solo por ações inadequadas quando da desmobilização dos canteiros de obra e outras áreas de apoio às obras de implantação do empreendimento; Erosões, deslizamentos, assoreamento, desertificação. 	<ol style="list-style-type: none"> Abandono da área de acampamento sem recuperação do uso original; Má disposição de bota-fora.
Componente Ambiental: FLORA E FAUNA	<ol style="list-style-type: none"> Aceleração do processo de extinção regional de animais silvestres, ocasionado por atropelamento; Degradação paisagística dentro da faixa de domínio. Evasão da Fauna e Flora 	<ol style="list-style-type: none"> Depósito de lixo e de materiais inservíveis ao longo da rodovia.
Componente Ambiental: VISUAL; PAISAGEM; RUIDOS; e AR	<ol style="list-style-type: none"> Alteração da paisagem natural motivada pela deposição de material de descarte; Degradação paisagística do interior da faixa de domínio, agredindo aos usuários e moradores lindeiros; Emissão de poeira e gases, alterando a qualidade do ar; Incidência de focos de incêndios Incidência de ruídos e vibrações. 	<ol style="list-style-type: none"> Poeira oriunda da exploração de pedreiras e de ocorrências de materiais de construção; Acúmulo de lixo e resto de vegetação; Operação de máquinas e equipamentos mal regulados.
Componente Ambiental: RECURSOS HÍDRICOS	<ol style="list-style-type: none"> Modificação do fluxo d'água de superfície. Modificações da qualidade das águas superficiais e subterrâneas 	<ol style="list-style-type: none"> Disposição de lixo, graxas e óleos e de materiais removidos para locais de forma inadequada.
MEIO ANTRÓPICO	Possíveis impactos ambientais	Exemplos de causas prováveis e/ou sinérgicas
Componente Ambiental: SAÚDE e SEGURANÇA	<ol style="list-style-type: none"> Acidentes envolvendo pessoas; Doenças e intoxicações causadas pela poluição da água e/ou do ar; Excesso de ruídos e vibrações; e Veiculação de doenças contagiosas 	<ol style="list-style-type: none"> Velocidade excessiva dos equipamentos de obras; Caixas de empréstimo e outras áreas exploradas sem drenagem.
Componente Ambiental: COMUNIDADE e ATIVIDADE ECONÔMICA	<ol style="list-style-type: none"> Fixação temporária de mão de obra; Modificação do uso e ocupação do solo na área de influência direta; Possibilidade de inviabilização do uso dos recursos hídricos para recreação; Valorização ou Desvalorização Imobiliária. 	<ol style="list-style-type: none"> Vazamento de tanques de combustível, de lubrificantes, de asfalto etc.; Falta de critérios no projeto.

Fonte: Do autor

e gases, alterando a qualidade do ar (Fig. 4), a medida mitigadora mais adequada seria aspergir água nas áreas poeirentas e/ou usar máscaras.

Com relação ao meio antrópico, a medida mitigadora mais adequada para o impacto de acidentes com pessoas e equipamentos envolvidos direta ou indiretamente no serviço é a adoção de programas de esclarecimento junto aos operários envolvidos na obra e/ou controlar a velocidade de veículos e equipamentos na obra. Já o impacto relativo ao excesso de ruídos e vibrações, uma medida mitigadora adequada seria realizar manutenção regular das máquinas e equipamentos.

De forma geral, o entulho proveniente dos métodos tradicionais de restauração e/ou recuperação rodoviária muitas vezes é gerado por deficiências de implantação de novas tecnologias no processo de construção rodoviária. A melhoria no gerenciamento e controle de obras públicas e também trabalhos conjuntos com empresas, universidades e pesquisadores ligados à construção rodoviária podem contribuir para atenuar este desperdício.

5. RECICLAGEM DE PAVIMENTOS

5.1. Aspectos Gerais

Segundo Momm e Domingues (1995): “Entende-se por reciclagem de pavimentos a reutilização total ou parcial dos materiais existentes no revestimento e/ou da base e/ou da sub-base, em que os materiais são remisturados no estado em que se encontram após a desagregação ou tratados por energia térmica e/ou aditivados com ligantes novos ou rejuvenescedores, com ou sem recomposição granulométrica.”

Inicialmente a reciclagem era realizada com equipamentos manuais com dispositivos de lâminas e escarificadores (exemplo: Figura 8), para a retirada do material da pista. Atualmente, utilizam-se máquinas fresadoras (Figuras 2 e 3). Contudo, o princípio básico ainda é o mesmo: fragmentar, triturar e retirar a camada antiga do pavimento e assim reutilizá-la por meio da combinação com materiais novos, obtendo-se uma nova camada, com o emprego de modernas máquinas fresadoras – recicladoras, ou recicladoras/estabilizadoras (Figuras 9, 11 e 12).

A reciclagem de pavimento apresenta-se como uma solução para muitos problemas e oferece inúmeras vanta-



Figura 8: Escarificador Traseiro—Fonte: www.viciana.com.ar/granprof.htm

gens em relação à utilização convencional de materiais virgens. Podem ser citadas as seguintes (DNIT, 2006):

a. Conservação de agregados, de ligantes e de energia, ou seja, a reutilização dos agregados do pavimento degradado propicia uma redução na demanda de novos materiais e das respectivas distâncias de transporte, prolongando o tempo de exploração das ocorrências existentes, além disso, o ligante remanescente pode ter suas propriedades restabelecidas pela adição de asfalto novo ou agente rejuvenescedor. O consumo de energia também pode ser favorecido por intermédio de sua redução durante a usinagem da mistura.

b. Preservação do meio ambiente, ou seja, evitar a exploração excessiva de jazidas minerais (caixas de empréstimos), evitando, assim, o acúmulo e/ou geração do passivo ambiental.

c. Conservação das condições geométricas existentes, ou seja, a adoção das técnicas de reciclagem permite que as condições geométricas da pista sejam mantidas ou modificadas facilmente, evitando-se problemas, como, por exemplo, as alturas em túneis (gabarito vertical) e o acréscimo de carga permanente em pontes e viadutos.

A partir da crise do petróleo, na década de 1970, com a escassez de materiais asfálticos e com a crise econômica internacional, os técnicos rodoviários em conjunto com os organismos de fomento voltaram-se para a ideia de reprocessar os materiais de pavimentação de pistas deterioradas, por meio da reciclagem, de forma a restaurar as condições de tráfego de vias em níveis satisfatórios, tanto do ponto de vista técnico quanto financeiro (BONFIM, 2001).

No Brasil, a primeira utilização da técnica de reciclagem de revestimentos betuminosos aconteceu na Cidade

do Rio de Janeiro, em 1960, onde, na época, o revestimento era removido por meio de marteletes, transportado para a usina e re-misturado. A primeira rodovia a ser reciclada foi a Via Anhanguera, trecho entre São Paulo e Campinas, na década de 1980 (PINTO, 1989).

Simultaneamente foi desenvolvido no Instituto de Pesquisas Rodoviárias/Departamento Nacional de Infraestrutura Rodoviária (IPR/DNIT) uma pesquisa para adequar as tecnologias de reciclagem trazidas da Itália e da Suíça às condições brasileiras. Foi com base nessas obras que o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte elaborou a especificação de serviço de concreto betuminoso reciclado a quente no local.

A reciclagem em usinas estacionárias, ou seja, usinas de asfalto cujas instalações são fixas, teve na década de 1980 importante papel no desenvolvimento da reciclagem no Brasil iniciada com a introdução de usinas do tipo *Drum Mixer*, isto é, equipamentos onde a mistura asfáltica é feita dentro de um tambor misturador e apresentam funcionamento contínuo (Figura 9), trazidas do exterior ou fabricadas no país. Várias obras lançaram mão dessa técnica, no âmbito do DNIT, da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro e do Departamento de Estradas e Rodagem – SP (DER-SP).

5.2. Tipos de Reciclagem

De maneira geral, os especialistas do meio rodoviário costumam classificar as técnicas de reciclagem de pavimentos asfálticos em duas modalidades, que são a reciclagem a quente e a frio, que por sua vez podem ser processadas no próprio local, ou seja, *in situ*, ou em usina apropriada.

A reciclagem de pavimentos, a quente e a frio, com propósito de manutenção, reabilitação e reconstrução foi reportada pela primeira vez em 1915 nos Estados Unidos (ZELAYA, 1985). Até a década de 1930, foi reciclada uma quantidade considerável de pavimentos, principalmente urbanos. Após esta década, o número de obras com aplicação da técnica de reciclagem foi reduzindo em virtude do aumento da oferta de asfalto no mercado, o que tornava a construção de um novo revestimento mais barata que a sua reciclagem.

A reciclagem a quente pode ser feita em usina estacionária, ou seja, usinas de asfalto cujas instalações são fixas, ou pode ser *in situ*, de acordo com as especifica-

ções de serviço ES 033/2005 e ES 034/2005 do DNIT, respectivamente.

A reciclagem a quente em usina estacionária é um processo no qual uma parte ou toda a estrutura é removida e reduzida, geralmente por meio de fresagem a frio, e posteriormente transportada para ser misturada e recuperada em usina de asfalto apropriada.

O processo inclui a adição de novos agregados, material de enchimento, cimento asfáltico de petróleo (CAP) e, se necessário, um agente rejuvenescedor. O tipo de usina mais empregada é a *Drum Mix* (Figura 9), e o produto final deve atender às especificações de misturas asfálticas a serem aplicadas nas camadas de base, de ligação ou de rolamento (DNIT, 2006).



Figura 9: Usina de Asfalto Drum Mix – Fonte: www.ciber.com.br

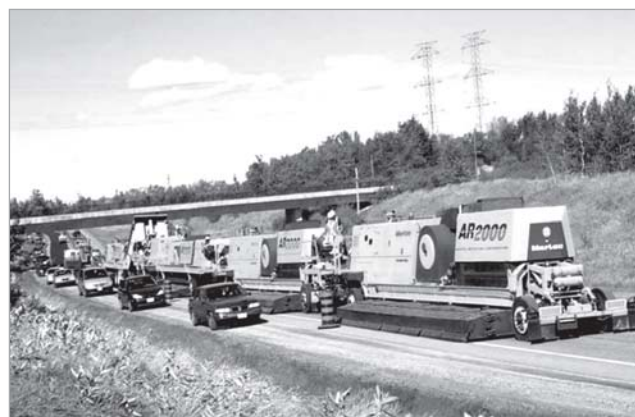


Figura 10: Super Recicladora AR 2000 – Fonte: www.martec.ca

A reciclagem a quente *in situ* (regeneração), (Figura 10), é um processo de correção de defeitos de superfície, por intermédio do corte e fragmentação do revestimento asfáltico antigo (geralmente por fresagem), mistura com agente rejuvenescedor, agregado virgem, material

asfáltico e posterior distribuição da mistura reciclada sobre o pavimento, sem remover do local (DNIT, 2006).

Na década de 1990, iniciou-se a reciclagem a frio *in situ*, com o emprego das recicladoras móveis *Caterpillar* e *Wirtgen*, nas quais a operação se desenvolvia no local, com fresagem a frio do revestimento, incorporação de emulsões rejuvenescedoras, homogeneização e espalhamento feito pelo próprio equipamento. No Brasil, o primeiro trecho em que foi utilizada a técnica de reciclagem a frio *in situ* foi na Rodovia BR-393/RJ, em novembro de 1993, segmento entre Além Paraíba e Sapucaia, realizada pelo DNER, atual DNIT (PINTO *et al.*, 1994).

Dois métodos de reciclagem *in situ* já foram utilizados pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), atual DNIT, a saber:

a. Método Marine, com o emprego da recicladora Marine A.R.T. 220 de fabricação italiana, na qual a fresagem é realizada a frio. O equipamento processa a mistura do material a quente e o posterior espalhamento. O DNER elaborou a especificação ES 188/87, que contempla este tipo de procedimento.

b. Método Wirtgen, com a utilização do *remixer* da Wirtgen, na qual a fresagem é realizada após o aquecimento da superfície do revestimento. Para este procedimento o DNER elaborou a especificação ES 187/87.

Quanto ao reprocessamento dos materiais de pavimentação, quando este ocorre sem o dispêndio de energia para o aquecimento dos mesmos, a técnica é designada de reciclagem a frio (MOMM e DOMINGUES, 1995). Podem ser adicionados materiais betuminosos (emulsão asfáltica), agregados, agentes rejuvenescedores ou estabilizantes químicos. A mistura final é utilizada como camada de base que deve ser revestida com um tratamento superficial ou uma mistura asfáltica nova a quente, antes de ser submetida à ação direta do tráfego. A reciclagem a frio pode ser classificada em (DNIT, 2006):

a. **Reciclagem com adição de material betuminoso** – consiste na mistura do revestimento e da base pulverizados no local, com adição de material betuminoso para produzir uma base estabilizada com betume.

b. **Reciclagem com adição de estabilizante químico** – consiste na pulverização e mistura na pista da camada de revestimento, da base e da sub-base, ou de qual-

quer combinação entre essas, com a adição de estabilizantes químicos (cal, cimentos ou cinzas volantes), para produzir uma base estabilizada quimicamente.

Atualmente a experiência indica que a técnica de reciclagem a frio para restauração de pavimentos pode ser aplicada mais eficientemente nos seguintes casos (DNIT, 2006):

- a. Em rodovias de baixo volume de tráfego (vicinais);
- b. Em acostamentos defeituosos de rodovias principais; e
- c. Na utilização do material reciclado como base estabilizada.

Como a reciclagem a quente, a reciclagem a frio pode ser feita em usinas apropriadas ou *in situ*.

A reciclagem a frio em usina pode ser realizada em usinas estacionárias, valendo-se das usinas de solos, que recebe o material fresado e o processa com a adição de material de enchimento, caso necessário, e agente rejuvenecedor emulsionado (DNER, 1996).

Essa técnica é muito utilizada em países europeus e a porcentagem de reaproveitamento do material fresado pode atingir cerca de 90% (DNER, 1996).

Também podem ser utilizadas usinas móveis (Figura 11), que podem produzir misturas com material virgem ou material proveniente de fresagem, (Fig. 1 e 2).

A reciclagem a frio *in situ* (Fig. 12) é executada com a utilização de equipamento do tipo fresadora-recicladora, sendo comum no Brasil o uso do modelo da *Wirtgen Gmbh* de fabricação alemã, (Fig. 13).



Figura 11: Usina móvel p/ misturas frias – Fonte: www.ciber.com.br

5.3. Equipamentos utilizados em reciclagem de pavimentos

O crescente interesse em reciclagem de pavimentos tem motivado os fabricantes a produzir equipamentos especiais para reciclar e reelaborar as camadas do pavi-



Figura 12: Recicladora/Estabilizadora – Fonte: www.paulifresa.com.br



Figura 14: Recicladora/Estabilizadora Caterpillar RR 250
Fonte: www.fresar.com.br/fresar



Figura 13: “Trem de Reciclagem” – Fonte: www.br.com.br/portallbr



Figura 15: Recicladora/Estabilizadora Wirtgen WR 2500
Fonte: www.fresar.com.br/fresar

mento. As atuais máquinas recicladoras/estabilizadoras (Figuras 14 e 15) permitem a reciclagem de estradas mesmo em estado avançado de degradação, além disso, esses equipamentos são soluções de custo acessível e de qualidade para projetos de restauração de rodovias.

Os maiores desenvolvimentos têm ocorrido na melhoria da potência dos equipamentos e na produção de peças mais resistentes. Estes avanços são importantes para que haja máquinas capazes de operar de maneira mais econômica, tanto em revestimentos muito espessos como em bases granulares e em subleitos com alta plasticidade.

Um dos benefícios da reciclagem consiste de que todo o equipamento e maquinário necessário para o processo podem ser acomodados na largura de uma faixa de tráfego (Figura 16). Em rodovias de pista simples com duas faixas de tráfego, por exemplo, a reciclagem pode ser efetuada em uma metade durante o primeiro turno e a outra posteriormente, e a largura toda, inclusive a pista reciclada, ser reaberta ao tráfego ao cair da noite. Essas vantagens fazem da técnica um processo atraente para a



Figura 16: Recicladora de Pavimentos – Fonte: www.ciber.com.br

restauração de estradas, otimizando custos e tempo de processamento (Revista CIBER, ano 5, nº 12, set./2004).

5.4. Vantagens ambientais associados à técnica de reciclagem de pavimentos

Considerando-se as técnicas de reciclagem comentadas anteriormente, o material removido, que antes era

considerado um entulho problemático, passa a ser um excelente produto para a reciclagem, sem prejuízo da qualidade final. A reciclagem permite, assim, ao pavimento primitivo um ciclo de vida maior, além de poupar os recursos naturais da região.

A reciclagem de pavimentos betuminosos em geral se constitui, em relação à solução tradicional de recapeamento(s) sucessivo(s) ou outros métodos de restauração, em uma alternativa possivelmente mais econômica e mais ecológica.

A seguir, serão apresentadas algumas vantagens das técnicas de reciclagem em comparação com o método tradicional de recuperação de pavimentos, no que tange a geração de impactos ambientais negativos nos meios antrópico e biofísico.

Para o meio antrópico, podem ser destacados como forma de otimização dos impactos ambientais de acordo com o componente ambiental saúde e segurança: a redução significativa dos ruídos e vibrações e a redução de acidentes envolvendo pessoas e/ou equipamentos.

Com relação ao meio biofísico, destaca-se para a componente ambiental, solo e a componente visual, paisagem, ruídos e ar: a significativa redução de erosões, deslizamentos, assoreamento, desertificação que normalmente ocorrem em caixas de empréstimo (jazidas), nos locais de bota-foras e de disposição do material resultante da fresagem (corte) do pavimento; a redução da degradação da paisagem natural motivada pela deposição de material de descarte; a redução da emissão de poeira e gases, alterando a qualidade do ar; e a diminuição da incidência de ruídos e vibrações.

Entretanto, faz-se necessário uma medida de controle (monitoramento para a cada fase ou etapa) para comparação de ganhos ou perdas, de acordo com os respectivos componentes ambientais, como, por exemplo, a componente visual, paisagem, ruídos e ar: avaliar a qualidade do ar (medir os níveis de poeira e gases) e a avaliação de ruídos e vibrações às margens lindéiras da rodovia

(medir os níveis de ruídos), conforme limites anteriormente citados nas Tabelas 4 e 5.

6. CONCLUSÕES

O termo reciclagem vem sendo usado nos últimos anos em diversas áreas de produção, pois o processo de reaproveitamento de materiais que anteriormente seriam descartados e, na maioria das vezes, se torna um “lixo” não desejável é visto com bons olhos por órgãos governamentais e principalmente ambientalistas.

A técnica de se reciclar pavimentos é relativamente recente, porém não menos importante. O reaproveitamento dos materiais existentes do pavimento antigo como fonte principal para a construção de pavimentos novos pode gerar benefícios, como: evitar a exploração excessiva de jazidas minerais, já tão escassas em algumas regiões do país; o ligante asfáltico (CAP) remanescente pode ter recuperado algumas de suas propriedades originais, que durante sua utilização foram perdidas por oxidação e volatilização. Citam-se ainda como benefício do uso da técnica de reciclagem: a conservação do greide da pista, evitando-se problemas com alturas sob viadutos, túneis e passarelas e o não aparecimento de degraus nos acostamentos provocados pela aplicação sucessiva de camadas de recapeamento, qualidade adequada e resistência do pavimento reciclado, a redução do prazo de execução da obra, o menor tempo de interrupção do tráfego durante o trabalho, nova concepção de recuperação asfáltica, às vezes até com possibilidade de redução de espessuras do revestimento, sem perda de qualidade e, finalmente, pode permitir redução dos custos em relação à restauração convencional.

Pode-se citar como desvantagem da aplicação das soluções de reciclagem o emprego de mão de obra especializada, o difícil acesso das máquinas às obras distantes dos grandes centros urbanos, como, por exemplo, a Amazônia e a necessidade da análise econômica para serviços realizados em diferentes regiões, observando-se as devidas peculiaridades.

Referências bibliográficas

- BONFIM, Valmir, *Fresagem de Pavimentos Asfálticos*, 2 ed., São Paulo, Fazendo. Arte Editorial, p. 71-78, 2001.
- BELLA, V., BIDONE, E. D. *Rodovias, Recursos Naturais e Meio Ambiente*. Niterói: EDUFF, 1993.
- GOUDARD, Beatriz. Avaliação ambiental de alternativas de projetos de transporte rodoviário com uso da lógica fuzzy, Dissertação de Mestrado, IME, 2001.
- FRANCO, Mauricio Luiz de Oliveira. Interferência na realização de obras e operações rodoviárias ao meio ambiente, rodovias em meio urbano e o meio ambiente: 2001. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação) – Especialização em Sistemas de Gestão Ambiental, PUC-PR, Curitiba, 2001.
- FOGLIATTI, Maria Cristina, FILIPPO, Sandro, GOUDARD, Beatriz, *Avaliação de Impactos Ambientais – Aplicação aos Sistemas de Transporte*. Ed. Interciência, RJ, 2004.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM DNER, *Concreto Betuminoso Reciclado a Quente na Usina*, DNER-ES 318/97, Rio de Janeiro, 1997.152
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM DNER, *Concreto Betuminoso Reciclado a Quente no Local*, DNER-ES 319/97, Rio de Janeiro, 1997.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM DNER, *Pavimentação - Reciclagem de Pavimento à Frio in situ com Espuma de Asfalto*, DNER-ES 405/00, Rio de Janeiro, 2000.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM DNER, *Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos*, Rio de Janeiro, 1998.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM DNER, *Programa de Capacitação de Pessoal do DNER, Curso RP9 – Reciclagem de Pavimentos*, v. 1 e v. 2, Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, Rio de Janeiro, 1994.
- GONTIJO, Paulo Romeu A., “A Técnica da reciclagem a Quente Empregando Materiais Oriundos da fresagem de Camadas Asfálticas – Procedimentos Essenciais”. [In: Reunião Anual de Pavimentação, 32ª, ABPv, Brasília, 2000.]
- EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES – GEIPOT. Corredores de transporte; proposta de ações para adequação da infraestrutura e para racionalização do transporte de granéis agrícolas. Brasília: GEIPOT, 1995. 1 v.
- MOMM, Leto; DOMINGUES, F. A. A., “Reciclagem de Pavimentos a Frio *in situ* Superficial e Profunda”. In: Reunião Anual de Pavimentação, 29ª, Cuiabá, 1995.
- MIRANDA JUNIOR, Juares; SILVA, César Augusto R., “Reciclagem de Camadas Betuminosas com Sub-base Estabilizada com Cimento na BR-381: Uma Experiência”. In: Reunião Anual de Pavimentação, 32ª, ABPv, Brasília, 2000.
- PINTO, Salomão; GUARÇONI, Dilma S.; RAMOS, Celso R.; GUERREIRO, Francisco, “Recuperação de Pavimentos através da Reciclagem a Frio *in situ* com a Utilização de Agente Rejuvenescedor Emulsionado – Case Studies”. In: International Business Communications – Workshop, Rio de Janeiro, 1994.
- PINTO, Salomão, “Tópicos Especiais em Mecânica dos Pavimentos”, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1989.
- PEREIRA, D. R. M.; OLIVEIRA, José L. T.; NADALIN, Renato; LUCAS, Pedro V. Z.; GRECA, Amadeu C.; MORILHA JUNIOR, Armando; RIBEIRO, WAGNER S.C.; CHIUMENTO, Jinny L., “Estudo da Influência de Aglomerantes em Pó e do Tipo de Ligante Asfáltico no Comportamento de Misturas Recicladas com Espuma de Asfalto”. In: Reunião de Pavimentação Urbana, 11ª, ABPv, Porto Alegre, 2002.
- SÁ, M. M., 1996, Contribuição à Implementação de um Sistema de Gestão Ambiental na Construção de Rodovias: Uma Lista de Verificação para um Programa de Auditoria Ambiental, Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- ZELAYA, D., *In situ Cold Recycling of Bituminous Pavements*, Tese de Doutorado, University of Califórnia, USA, 1985.

Monografia sobre documento histórico da criação do SHRP

Jacques de Medina

Engenheiro Civil / COPPE/UFRJ

NOTA DO AUTOR

Esta monografia se destina a apresentar aos alunos de mestrado e doutorado um “apanhado” comentado de documento do FHWA dos EUA de 1982 sobre a necessidade de pesquisa rodoviária que resultou no famoso programa SHRP. Nota-se a participação ativa dos DOT (os DER de lá). É um registro histórico inspirador, guardadas as devidas proporções.

JM

INOVAÇÃO DA PESQUISA DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS; DIAGNÓSTICO E PROPOSTAS; ESTADOS UNIDOS, 1982

1. INTRODUÇÃO

O que ocorreu nos Estados Unidos em relação à pesquisa de pavimentos rodoviários nos dois últimos decênios do século XX teve antecedentes muito significativos. Apresentam-se as razões do vasto programa que foi empreendido com a participação de representantes do poder público, universidades e empresas de engenharia. Não só as razões, mas os óbices, as opções feitas e a ampla interação de forças em jogo.

A fonte de referência é o Special Report 202: “America’s Highways – Accelerating the Search for Innovation”, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1984. 179 p. Foi elaborado por um Comitê Diretor¹ de estudos

¹ Steering Committee.

² Strategic Transportation Research Study: Highways (STRS).

³ Engenheiro-sênior em cargo de chefia.

para uma nova estratégia de pesquisa rodoviária, resultando, ao final, um Programa.² Os programas então vigentes tinham prazos de resposta à demanda relativamente curtos, mas a pujança do TRB revelava-se em cerca de 1.400 estudos em 64 áreas dentro de nove grandes categorias.

Afirma o Relatório, de início, que a principal motivação era a convicção da necessidade de inovação tecnológica, o que era dificultado pela prática político-administrativa das obras públicas. O espírito crítico está presente em todo o texto.

2. A CONSTITUIÇÃO DO COMITÊ DIRETOR

É costume do National Research Council (Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos) indicar para os comitês de diferentes áreas do conhecimento os membros da Academia Nacional de Ciências, Academia Nacional de Engenharia e Instituto de Medicina.

Os relatórios dos comitês são revistos por pessoas escolhidas nestas três instituições.

O Comitê Diretor tinha 13 membros com a seguinte competência profissional e científica: administradores³ es-

estaduais de transportes – 6; administradores⁴ de pesquisa universitária – 3; administradores municipais – 2; executivos de pesquisa em empresas – 2. As formações profissionais dos 13 participantes: engenharia civil – 8, administração – 3, engenharia química – 1, engenharia mecânica – 1. Quatro destes tiveram formação em mais de uma área: engenharia civil e direito, administração e política, engenharia mecânica e gestão de engenharia, engenharia civil e transporte urbano. Qualificações acadêmicas: Ph.D. – 5, M.Sc. – 3 e B.Sc. – 5.

O Comitê Diretor tinha como presidente⁵ o engenheiro civil Thomas D. Larson, Ph.D., Diretor do Departamento de Transportes da Pennsylvania. Acumulava experiência na construção rodoviária, no magistério e pesquisa em transportes.

Uma primeira observação. Percebe-se a maturidade e alta qualificação dos membros do Comitê e as interessantes variações de suas formações. O Comitê recebeu o apoio de funcionários do Federal Highway Administration – 3, Transportation Research Board – 1, e Serviço de Pesquisa da Biblioteca do Congresso – 1.

O *staff* de apoio do TRB compreendia o diretor assistente de projetos especiais, um gerente e um consultor.

A propósito, pensa este autor que nossa dificuldade em comparação seria obter, em quantidade suficiente, “qualidade” igual, sem enfraquecer as instituições de origem.

3. A INDÚSTRIA RODOVIÁRIA NOS ESTADOS UNIDOS

O Relatório define indústria rodoviária como sendo as atividades de construção, manutenção e operação rodoviárias, realizadas pelos governos federal, estaduais, municipais, urbanos etc. e pelas empresas concessionárias de rodovias com cobrança de pedágio (modalidade das *toll highways*). Também se incluem nessa indústria as firmas

particulares fornecedoras de materiais e de serviços aos órgãos públicos responsáveis pelas rodovias.

A indústria rodoviária gastara US\$ 43 bilhões em 1982, o que representava mais do que havia gasto outras indústrias como a do aço, têxteis e papel. São cerca de 4 milhões de milhas (6,4 milhões de quilômetros) de rodovias, dos quais 75% de estradas locais (seriam estradas de baixo volume de tráfego e veículos leves).

A produção industrial destinada a rodovias representava cerca de 17% do produto nacional bruto (“GNP – *gross national product*”). Cerca de 620.000 empregos eram gerados pela construção e manutenção rodoviárias. O se-

Tabela 3 – Milhagem (e quilometragem) de Rodovias Públicas dos Estados Unidos de acordo com Responsabilidade Administrativa

Responsável ¹	Nº de órgãos	Milhas	Quilômetros
Órgão federal	5	262.403	422.206
Órgão estadual	50	934.696	1.503.926
Órgão municipal	2.500	1.577.420	2.538.069
Cidade, vila, distrito ²	10.000	486.575	782.899
Outros: locais (apenas ruas residências)	25.000	605.153	973.692
Concessionário de rodovias de pedágio ³	35	4.773	7.680
Totais	38.000	3.871.020	6.228.471

1 – Administrator; 2 – City, town, and township; 3 – Toll highway authority

tor privado dedicava mais de 15% dos investimentos a usinas e equipamentos destinados a transporte.

Este poderio não impede que nas primeiras páginas do Relatório seja dito: “A necessidade de uma apreciação estratégica da pesquisa rodoviária do país origina-se do fato de que a indústria rodoviária dos Estados Unidos é grande, fragmentada e carente tanto de organização como de incentivos econômicos que apoiem a pesquisa que se faz necessária.”

A diversidade de produtos adquiridos pela indústria (Tabelas 4 e 5) é grande, predominando a de materiais de pavimentação. É grande, também, a diversidade de compradores, produtores e fornecedores. O número de órgãos públicos deste mercado era de 23.000.

Outra avaliação crítica interessante é o fato de que os materiais de construção rodoviária sendo volumosos e de baixo valor unitário, o custo de transporte resulta em vantagem para os fornecedores locais. Por outro lado, visto

⁴ Professor-pesquisador sênior.

⁵ *Chairman*.

que os recursos financeiros dos estados e municípios representam 73% das despesas em rodovias, as pressões políticas frequentemente determinam (*mandate*) o uso de firmas locais ou materiais locais.

Outro exemplo da citada diversidade é o do concreto de cimento. O ligante hidráulico é produzido em cerca de 60 empresas. Há cerca de 4.000 companhias de concreto *ready mix*; utilizam agregados (areia, pedregulho e brita) de cerca de 6.000 produtores. Existem, além disso, cerca de 44.000 empreiteiros envolvidos em construção rodoviária que mis-

turam o concreto que utilizam. A diversidade apontada faz com que a receita anual de uma companhia típica de *ready mix* seja de apenas (sic) US\$ 1,5 milhão por ano.

Diz o Relatório que a indústria de pavimentação é monopolística, pois, apesar da grande quantidade de órgãos públicos atuantes, a área de mercado de cada um é pequena; também a área de atuação das firmas de serviço e fornecedores é, muitas vezes, pequena. Ora, nenhuma dessas unidades promove pesquisas de fato, apenas estudos para resolver problemas imediatos. Vários parágrafos do

Tabela 4 – Construção de Novas Rodovias: as 10 Categorias Principais de Despesas^(a)

Nome da Indústria	Porcentagem das Despesas da Indústria Rodoviária	Porcentagem Acumulada
Produtos de concreto	13,30	13,30
Comércio por atacado	9,05	22,35
Mineração e exploração de pedra e argila ¹	8,30	30,65
Refinação de petróleo e produtos diversos do petróleo e carvão	8,20	38,85
Misturas e blocos de pavimentação	6,06	44,91
Concreto ready-mix	6,20	51,11
Peças estruturais metálicas ²	5,40	56,51
Transporte motorizado de cargas ³	5,00	61,51
Serviços profissionais diversos	4,80	66,31
Comércio a varejo	3,40	69,71

A – o total de indústrias representadas é de 102; destas 49 são tão pequenas que, em conjunto, somam 0,25% do total de compras.

1 – *Stone and clay mining and quarrying* / 2 – *Fabricated structural metal* / 3 – *Motor freight transport*

Tabela 5 – Manutenção e Reparos de Rodovias: as 10 Categorias Principais de Despesas^a

Nome da Indústria	Porcentagem das Despesas da Indústria Rodoviária	Porcentagem Acumulada
Mineração e exploração de pedra e argila	16,9	16,9
Refinação de petróleo e produtos diversos do petróleo e carvão	10,3	27,2
Misturas e blocos de pavimentação	9,7	36,9
Transporte motorizado de cargas	9,4	46,3
Comércio por atacado	6,0	52,3
Concreto ready-mixed	4,9	57,2
Peças estruturais metálicas	4,0	61,2
Comércio a varejo	3,8	65,0
Serviços comerciais diversos ¹	3,4	68,4
Trabalhos de metal laminado ²	2,9	71,3

A – O total de indústrias é de 113; o valor somado das compras de 56 dessas indústrias representa apenas 0,87% do total de compras

1 – *Miscellaneous business services* / 2 – *Sheet metal work*

Tabela 6 – Participação dos Fornecedores no Mercado da Indústria Rodoviária

Setor	Nº de Firms	Mercado Total (US\$ bilhão)	Participação Média por Firma (US\$ milhão)	Participação Total de 50 Firms Principais (US\$ bilhão)	Participação das 50 Firms Principais (US\$ milhão)	Participação das 50 Firms Principais (%)
Empreiteiros de construção de rodovias e ruas	14.354	16	1,1	2,8	56	17,5
Construção pesada: barragens, portos, túneis, pontes, etc. ^a	40.000	38,9	1,1	19,9	398	51
Concreto <i>ready-mix</i>	4.012	6,2	1,5	1,6	32	25,8
Produtos de concreto e gesso	4.461	6,0	1,3	3,2	64	53,3
Produtos de petróleo e carvão (materiais de pavimentação)	956	2,7	2,8	1,36	27	50,4
Refinação de petróleo ^b	130	131,5	1011,5	130	2.600	98,8

a – A indústria de construção pesada compõe-se de cerca de 1.000 firmas orientadas principalmente para estruturas rodoviárias. As suas receitas anuais médias são pouco maiores que US\$ 2 milhões.

b – As quatro firmas de refino de petróleo principais são responsáveis por 41% do mercado; as oito principais por 61% e as 20 principais 93,5%.

capítulo “A Indústria Rodoviária” dizem respeito, de modo acentuado, à realidade norte-americana. É espantoso o quanto é gasto em rodovias. Em 1982, previa-se que nos 10 anos subsequentes seriam despendidos mais de US\$ 200 bilhões em pavimentação. Não é difícil imaginar o benefício de poupar 10% como resultado de pesquisas de longo prazo. E isto se aplica a várias partes do sistema rodoviário.

O autor insere aqui alguns dados comparativos aproximados de extensões de rodovias nos Estados Unidos e Brasil. Lá a extensão de rodovias federais é de 5,8 vezes maior que a daqui; e quanto às rodovias estaduais é 62 vezes maior. A extensão total de vias lá é de 6.200.000km, sendo 66% pavimentadas (4.100.000km); destes, 93% é

asfáltica e 7% de concreto. As redes federal e estaduais do Brasil somam 320.000km, sendo 40% pavimentado. A rede federal tem 80% de rodovias pavimentadas.

4. A PESQUISA RODOVIÁRIA – GASTOS E LACUNAS (1982)

Comparativamente aos Estados Unidos, o Reino Unido gastava 10 vezes mais em pesquisa rodoviária.

Somente o Japão estava gastando menos do que os Estados Unidos, porém na Tabela 9 não se computaram gastos do setor privado com o governo, em atividades conjuntas, o que é usual nesse país asiático. Cita o Relatório vários produtos estrangeiros que entram nos

Tabela 9 – Uma Comparação de Gastos com Programas de Pesquisa Rodoviária no Exterior e nos Estados Unidos

País	Despesas em Rodovias nos Vários Níveis Governamentais (US\$ milhão)	Valor Estimado dos Gastos de Pesquisa Rodoviária (US\$ milhão)	Pesquisa como Percentual de Gastos Totais
Reino Unido	3.000	45	1,47
Japão	19.486	16,8	0,09
Austrália	2.350	19	0,81
Rep.Fed. Alemanha	9.800	20,5	0,20
Suécia	955	30	3,14
Estados Unidos	43.278	72	0,17

Estados Unidos devido a esta defasagem decorrente de investimentos insuficientes em pesquisas.

Os gastos em programas de pesquisa eram de US\$ 70 a US\$ 75 milhões por ano, em 1982. Não nos importa a discriminação das fontes, pois atendem às peculiaridades daquele país. Assinale-se, entretanto, que é de US\$ 30 milhões o quinhão maior gasto pelos 50 estados, na sigla HP&R – Highway Planning and Research, de origem federal. O FWA – Federal Highway Administration (espécie de DNER) tem projetos próprios de pesquisa no valor de US\$ 21,5 milhões. Vários órgãos federais somam outros US\$ 7,3 milhões, cidades e municípios, US\$ 1 milhão, e firmas particulares e indústrias de US\$ 2 a 5 milhões.

É bom lembrar ao leitor brasileiro que as conceituadas publicações “Síntese de Prática Rodoviária” do NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) decorrem de investigações de problemas de ordem prática que os estados enfrentam no Sistema Interestadual de Rodovias (seriam rodovias federais de responsabilidade delegada aos estados). Mostram a objetividade requerida de estudos bem definidos em cada estado. Subentende-se haja qualificação no nível estadual.

Cabe assinalar que no órgão federal existe um corpo de pesquisadores atuantes. Porém, diz o Relatório ter havido uma redução substancial de 1970 a 1982, queixando-se que dos 165 pesquisadores de 1982, 44 deles (ou 26%) estariam “fora de função” como se diz aqui. Além disso, os atuantes passavam de 15 a 25% do tempo, realmente, em pesquisa, e o restante no planejamento, administração e monitoramento de pesquisas contratadas. Não parece ser inusitada esta situação no nosso país

Cabe um registro do papel do U.S. Forest Service (Serviço Florestal dos Estados Unidos), responsável por 320.000 milhas (514.000km) de estradas florestais; caracterizam-se por pequeno volume de tráfego, porém sazonalmente de cargas muito elevadas. Recebem cerca de US\$ 1,2 milhão por ano para pesquisa.

Em 1982, o declínio na economia refletia-se nas aplicações em pesquisa de pequeno porte nas empresas de produção de cimento Portland, com o fechamento de laboratórios. O mesmo ocorreu no Asphalt Institute e nas associações de produtores de agregados.

É interessante saber – para que não sejamos indevidamente exigentes em face das nossas limitações – que o

Transportation Research Board (criado em 1920) tinha em 1982 cerca de 270 comitês, forças-tarefa e painéis com mais de 3.300 membros de grande gama de áreas científicas e tecnológicas. E que a verba disponível provinha de vários programas de pesquisa e das anuidades de sócios coletivos e individuais. A Associação de Ferrovias contribui para o TRB.

Acredita-se que um dos pontos principais do Relatório seja a revelação das lacunas (gaps) da pesquisa rodoviária. Esta se caracteriza por ser extremamente descentralizada entre os vários níveis do governo e várias organizações privadas. Não existe uma agência única que controle a maior parte dos gastos em pesquisa rodoviária. E, também, a qualidade e segurança das estradas e as repercussões ambientais que são tão importantes quanto os custos. A importância da pesquisa se esclarece nas respostas a nove questões:

- 1) A pesquisa irá render grandes dividendos se for bem-sucedida?
- 2) É a área de pesquisa costumeiramente negligenciada?
- 3) A pesquisa tratará de espectros importantes que tenham sido menosprezados anteriormente devido a barreiras institucionais ou organizacionais?
- 4) Poderão ser utilizados os resultados da pesquisa?
- 5) Requererá a pesquisa um esforço em larga escala que possa ser exercido pelos atuais programas e instituições?
- 6) Requererá a pesquisa um esforço integrado ou abordagem a nível nacional?
- 7) Responderá a pesquisa a mudanças recentes ou potenciais da política nacional?
- 8) A pesquisa irá fazer uso ou atender a mudanças tecnológicas?
- 9) A pesquisa irá melhorar de modo significativo a segurança ou o meio ambiente?

Uma área de pesquisa que é negligenciada: terraplanagem e drenagem. Embora corresponda a mais de um quarto de todas as despesas rodoviárias, apenas 2% dos fundos de pesquisa rodoviária lhe são destinados.

A pavimentação representa cerca de um terço de todos os gastos rodoviários; no entanto, só atrai um décimo das verbas de pesquisa.

As empresas não encontram incentivos para o aperfeiçoamento de materiais e processos que tragam benefícios

ao desempenho dos pavimentos. São as normas impositivas que restringem qualquer iniciativa.

A aplicação prática da pesquisa rodoviária é essencial, porém não se pode determiná-la a partir de ensaios de laboratório.

Assinala o Relatório que se as especificações fossem mais dirigidas para o resultado efetivo do desempenho, isto encorajaria o setor privado a realizar pesquisas rodoviárias. Os departamentos rodoviários são avessos a esta possibilidade, ciosos dos custos iniciais e temerosos do risco na mudança da rotina.

Há dificuldade em dedicar recursos para pesquisas de longo prazo. Cita o Relatório um exemplo histórico. Quando se concluiu a pesquisa da Pista Experimental da AASHO (AASHO Road Test) em 1960, que durou de 2 a 3 anos, os especialistas de pavimentação sugeriram um prosseguimento de longo prazo que abrangesse muitos climas, solos, técnicas construtivas, práticas de manutenção, com o que se ressaltaria o valor e a aplicabilidade dos resultados do experimento feito em Illinois. Esta pesquisa de longo prazo compreenderia uma série de pistas experimentais satélites a fim de expandir os resultados para diferentes regiões do país. O custo – ajustado pela inflação – teria sido (em 1982) de cerca de US\$ 3 milhões. Tal plano não chegou a ser implementado porque os custos (US\$ 2 milhões em 1964) eram tidos como exagerados e os dividendos remotos (só visíveis em 1980...). Esta atitude vinha se repetindo até 1982 com prejuízo para o desenvolvimento tecnológico. No entanto, as rodovias estavam a demandar pesquisas de longo prazo.

O Relatório – “Special Report 202” – indica, a meio caminho do texto, a lista de seis importantes projetos de pesquisa, selecionados em face da argumentação anteriormente apresentada. Fontes: ideias e sugestões de especialistas (*highway practitioners*), pesquisadores, relatórios de pesquisas anteriores etc. Tudo isto discutido, redefinido e avaliado. Alguns itens são óbvios, outros menos.

1 – Asfalto.

Para se chegar a determinada mistura asfáltica espalhada na estrada, depende-se de uma série de pessoas e de organizações públicas e privadas.

a) De início, um determinado óleo cru;

- b) Entrega do óleo à refinaria;
- c) Refino do óleo cru: gasolina, óleo diesel, óleo residual, etc. e asfalto;
- d) Adição provável de um produto químico ao asfalto;
- e) Exploração de pedreiras de granito, calcário ou uso de outros agregados na mistura com o asfalto;
- f) Dosagem da mistura asfáltica;
- g) Mistura do agregado e asfalto por um dos vários processos existentes;
- h) Dimensionamento do pavimento que atenda aos solos, camadas do pavimento e tráfego envolvido;
- i) Construção do pavimento; e
- j) Abertura da rodovia construída ao tráfego que corresponde à determinada combinação de pesos dos veículos.

Esta série de etapas deve culminar com um final feliz, mas para isto todos os elos da cadeia têm que ser de boa qualidade. Diz o Relatório que 1% apenas de melhoria da vida útil do produto traria àquele país uma economia de US\$ 100 milhões por ano!

2 – Desempenho de pavimentos em longo prazo

A despeito das carências (1982) das rodovias, nenhum estudo sistemático fora feito nos Estados Unidos após a Pista Experimental da AASHO (1958-60). Apesar de sua reconhecida contribuição, deixou várias questões sem resposta. A Pista representava um determinado clima de inverno rigoroso (130km a sudoeste de Chicago, Estado de Illinois), tráfego de caminhões em seis circuitos fechados, experimento fatorial do efeito das cargas sobre diferentes estruturas de pavimentos, subleito uniforme de solo A-6 (classe TRB), de CBR 2 a 4%, solo muito resiliente.

Teria sido extremamente interessante prosseguir a pesquisa em longo prazo de modo a abranger grande gama de climas, solos, construção, manutenção e condições de carregamento. Teriam expandido os resultados da Pista da AASHO com enormes dividendos, o que não foi feito, como se disse antes.

3 – Eficiência do Custo da Manutenção

É carente esta área apesar de que a manutenção dos 4 milhões de milhas (6,4 milhões de quilômetros) consumisse mais do que a terça parte do orçamento geral de

US\$ 15 bilhões por ano para rodovias e ruas. As operações de manutenção são muito arriscadas. Morrem, por ano, cerca de 500 trabalhadores. E, também, implicam riscos para os usuários.

4 – Proteção de concreto das pontes

Em 1982, havia nos Estados Unidos cerca de 253.000 pontes em situação deficiente, número que aumentava de 3.500 a cada ano. O dispêndio para reparar o total acima era estimado em US\$ 48,9 bilhões. Um dos principais fatores era a desproteção do aço das armaduras da ação do sal utilizado para reduzir o congelamento da água no inverno.

5 – Cimento e concreto de pavimentos e estruturas rodoviárias

A indústria rodoviária consome mais de US\$ 400 milhões de cimento Portland por ano, o que corresponde a cerca de 13% da produção dos Estados Unidos. O concreto de cimento é usado em 85.000 milhas (137.000km) de rodovias e milhares de milhas de faixas medianas, meios-fios e em quase todos os passeios. O problema está na deterioração natural do concreto.

6 – Controle químico da neve e gelo nas rodovias

Em 43 dos 50 estados norte-americanos ocorrem tempestades de neve em parte de suas redes de rodovias, todos os invernos. Eram utilizados (1982) 12 milhões de toneladas de sal por ano, com a conseqüente agressão aos veículos, tabuleiros de pontes, além de contaminar as água e o solo.

Em 1982, as previsões de gasto de capital indicavam uma importante tendência para a reconstrução do acervo existente em vez de novas construções. Esta situação sugeria a importância de obras mais duráveis.

5. ASFALTO – ÁREA DE PESQUISA PROMISSORA (1982)

À época, o panorama das rodovias era o de um crescente tráfego pesado e de modificações da composição química do asfalto de diferentes procedências dos crus. Gastava-se, por ano, US\$ 10 bilhões em pavimentos asfálticos, o que vinha a ser cerca de 20% dos gastos totais

do país com rodovias. Os gastos de pavimentação asfáltica representavam pouco mais que uma terça parte dos gastos anuais da indústria ferroviária. Tinha-se 93% das estradas revestidas de asfalto, numa extensão de cerca de 2 milhões de milhas (3,2 milhões de quilômetros). Em 1981, a indústria rodoviária comprara 17 milhões de toneladas de cimentos asfálticos, correspondendo a cerca de 70% da produção total. A demanda para 1983 era de 18 milhões de toneladas, de custo superior a US\$ 2 bilhões. Os cimentos asfálticos correspondem a 25 a 30% do custo dos pavimentos asfálticos. Metade deste montante é para rodovias públicas e metade para estradas particulares, es-

Tabela 13 – Comparação de Recursos Aplicados de Origem Federal no Passado e Previsto no Futuro

Tipo de Construção	Passado (%) (1976-1978)	Futuro (%) (1980-1995)
Pavimentos		
Novos	15,0	5,3
Reconstruídos	24,5	38,4
Total	39,5	43,7
Estruturas		
Novas	6,5	9,2
Substituídas	9,3	8,6
Reparadas	1,1	1,9
Total	16,9	19,7
Outros		
Faixa de domínio	13,1	6,1
Terraplenagem	16,6	19,1
Outros	13,9	11,4
Total	43,6	36,6

tacionamentos etc. Estes números realçam o significado econômico da possível melhoria deste produto.

Se ao custo do cimento asfáltico se acrescentar o do agregado e o da construção, os US\$ 10 bilhões de pavimentação asfáltica gastos anualmente correspondem a 20% de todas as despesas em estradas, aliás, o maior item individual. Entretanto, sob o ângulo das companhias petrolíferas está se falando em US\$ 3 bilhões de receita de um total anual de US\$ 500 bilhões, ou seja, menos de 1%. A despeito disto, o órgão público federal (Federal Highway Administration – FHWA) sempre incentivou a pesquisa. Ve-

rificaram-se modificações significativas das propriedades de 97 asfaltos entre 1950 e 1980. Um estudo realizado por Comitê do TRB, com o patrocínio de 17 estados, em que se aplicou a cromatografia líquida, procurou detectar características químicas do asfalto em face do desempenho em pavimentos. Estes estudos mostraram, por análises químicas, 160 tipos de modificações. Estas pesquisas, no entanto, não dizem o que seria melhor para a utilização em rodovias.

Na opinião do Comitê, as pesquisas que estavam em curso não atendiam aos objetivos principais e eram financeiramente modestas diante da perspectiva de inovações à vista.

Consideravam-se barreiras organizacionais questões como aquisições a preço mínimo no sentido de resguardar os recursos públicos e de simplificar os editais, diante dos milhares de agências e centenas de milhares de fornecedores. As especificações vigentes a cerca de 70 anos trouxeram uma acomodação geral. Estas especificações não acolhiam variáveis como a melhoria de adesividade, molhagem e características de oxidação, mesmo porque não se tinha como incorporá-las às especificações de compra. Mesmo que as práticas construtivas pudessem ser bastante melhoradas, prevaleceria a qualidade do asfalto como um fator decisivo que se poderia melhorar.

Por mais valioso que seja o ensinamento da prática, há questões básicas que somente a pesquisa pode responder. Em termos simples, são:

- Quais as propriedades químicas que o asfalto deve ter?
- Qual a melhoria de desempenho dos materiais que tenham estas propriedades?
- Que especificações se devem estabelecer para atender a estas propriedades?

A resposta estaria na pesquisa do asfalto numa escala e profundidade muito superiores ao que se vinha fazendo.

Orçar a pesquisa de materiais asfálticos e dizer do retorno esperado sempre envolve algum risco. O Comitê é enfático quando observa que o governo federal tinha previsto (1982) gastar até o final do século US\$ 200 bilhões em pavimentos asfálticos e que, assim sendo, um projeto de US\$ 50 milhões seria “pago” em seis meses, mesmo que a economia no custo do pavimento asfáltico fosse de apenas 1%.

O lucro potencial generoso da pesquisa do asfalto dependeria, no entanto, de um esforço integrado. O óleo

cru empregado na fabricação do asfalto tinha 200 fontes de procedências diferentes. A isto se somavam outros fatores: refinarias, processos de refino, combinações com várias adições, diluições e emulsificações, misturas com grande variedade de agregados de um ou mais processamentos, e a construção segundo diferentes projetos. A construção dá-se a diferentes temperaturas e condições climáticas. Os pavimentos devem resistir a diferentes condições de volume de tráfego e composição de cargas variáveis com as estações do ano, e estão assentes sobre os diferentes tipos de solos. Existem milhões de combinações, diz o Comitê. São duas as consequências deste vasto número de combinações. Primeiro, a pesquisa dos materiais asfálticos deve estar concatenada com amplo espectro de variáveis nos diferentes estágios do processo. Para isto é essencial um programa de pesquisa em larga escala e multimilionário. Segundo, mesmo que o programa de pesquisa seja de larga escala, deverá o mesmo ser bem focado para que não se torne superficial.

A indústria do asfalto – produção e aplicação – é fragmentária e sem integração vertical dos participantes. Isto quer dizer, por exemplo, que milhares de empresas utilizam o asfalto, mas quem o produz não o aplica. Pode existir, vez ou outra, uma pesquisa cruzada ou integrada, mas de pequena monta. Sem um esforço integrado não se afigurava possível, em 1982, nos Estados Unidos, a melhoria fundamental do asfalto.

Não se devem atribuir sempre às imperfeições do processo construtivo defeitos que possam decorrer da qualidade inadequada do material asfáltico escolhido. Aposta o Comitê no desenvolvimento de materiais asfálticos mais tolerantes diante da gama de misturas e modo de aplicá-las mesmo que com senões. O asfalto seria um aglomerante complacente. Esta característica de complacência (*forgiving*) desdobra-se em:

- 1) Tolerância de maior gama de temperaturas de mistura e de propriedades físicas e químicas dos agregados usados na mistura;
- 2) Adesão permanente aos agregados de diferentes composições, temperatura e sequeidão;
- 3) Estabilidade para várias proporções de cimento asfáltico na mesma;
- 4) Estabilidade sob temperaturas ambientes elevadas;

- 5) Permanência de adesão em longo prazo;
- 6) Flexibilidade a temperaturas baixas e para prolongadas vidas de serviço, expostas ao ar, radiação solar, poeira, umidade e tráfego; e
- 7) Aptidão à reciclagem.

A ação legislativa do Congresso vinha sendo favorável aos gastos em pavimentação, vale dizer asfalto. A legislação era favorável à circulação de cargas mais pesadas e novos modelos de veículos nas rodovias interestaduais. Havia a previsão de danos crescentes aos pavimentos. A avaliação dos defeitos gerados já carecia de novos experimentos de campo. Estava-se a exigir a melhoria dos asfaltos.

Uma circunstância externa – o embargo do petróleo árabe em 1973 – causou alterações do asfalto devido à utilização de vários óleos crus e processos de refino diferentes dos que prevaleceram anteriormente. Em consequência, as especificações adotadas para o produto asfalto não mais garantiam sua qualidade. Aliás, nunca o haviam feito a contento. Os estados desenvolveram critérios próprios, seja ensaios e especificações para contornar esta dificuldade. Entendeu o Comitê que a qualidade discutível dos materiais asfálticos era em parte responsável pelos defeitos prematuros dos pavimentos, e que seria indispensável a pesquisa básica das propriedades dos asfaltos.

Propôs o Comitê que se estudasse em profundidade as propriedades físicas e químicas dos asfaltos, sendo necessário o teste de longo prazo de novos tipos de asfalto.

A caracterização química seria correlacionada aos ensaios físicos – os vigentes e os novos que se desenvolveriam forçosamente. A validade dos novos ensaios teria que ser confirmada no campo. Esta fase de estudos de ensaios seria incorporada aos estudos de desempenho de longo prazo – outro projeto do programa estratégico de pesquisas. Atenção deveria ser dada não apenas aos materiais, mas à sua aplicação – homogeneidade obtida e outros fatores. O estudo incluiria a mecânica da fratura e o mecanismo de degradação.

Conhecidas as características básicas exigidas para o pavimento asfáltico, se saberia qual o tipo de asfalto a ser utilizado. Estudar a estrutura molecular dos cimentos asfálticos e compor asfaltos artificiais indicados para as várias regiões do país. As modificações dos cimentos asfálticos

com polímeros, enxofre, borracha e outros aditivos poderiam levar a cimentos asfálticos melhorados.

O setor privado teria participação na resposta à pesquisa que fosse dada pelas indústrias do petróleo e química e fabricantes de equipamentos. O mesmo em relação aos empreiteiros.

O financiamento da pesquisa, envolvendo inovações nas propriedades físicas e químicas dos cimentos asfálticos e na nova aparelhagem de laboratório, exigiria US\$ 10 milhões por ano, assim distribuídos:

- 1) equipe de pesquisadores de laboratório, apoio administrativo e instalações – US\$ 4 milhões;
- 2) desenvolvimento de aparelhagens de ensaios físicos e sua operação no estudo de misturas asfálticas – US\$ 2 milhões;
- 3) validação nos trabalhos de campo dos dados de laboratório e ensaios físicos – US\$ 3 milhões;
- 4) processamento de dados, análises e relatórios referentes ao vultoso programa de ensaios – US\$ 1 milhão.

6. DESEMPENHO EM LONGO PRAZO DE PAVIMENTOS (1982)

O objetivo seria o aumento da vida dos pavimentos por intermédio de uma investigação de desempenho em longo prazo de vários perfis de estruturas de pavimentos, inclusive os restaurados, construídos com diferentes materiais, sujeitos a diferentes cargas, ambientes, solos de subleito e práticas de manutenção. Entendia-se que uma análise de 10 a 20 anos da rede de rodovias pudesse trazer soluções a problemas que causavam muito prejuízo.

A interação de programas de manutenção e reparos com o desempenho teria sua importância ressaltada. Os efeitos comparativos de estratégias alternativas de manutenção preventiva e corretiva e escolha do momento ou limite de tolerância para a intervenção deveriam ser avaliados quanto à influência no desempenho do pavimento e custos ao longo da vida de serviço para várias cargas e condições ambientais. *Este tipo de informação é vital para o sucesso operacional dos programas de gestão de manutenção (o grifo é do autor).*

Outras questões específicas são: (a) fatores climáticos no desempenho, (b) efeito da repetição de cargas pe-

sadas na vida do pavimento, e (c) interação destes dois fatores de danos produzidos e a atribuição de custos. Outras questões complexas e difíceis são a vida prevista dos novos materiais, novas técnicas de restauração, métodos de reciclagem e os benefícios das novas tecnologias.

O programa salientou o interesse pelo efeito da chuva e congelamento, e sua inclusão no dimensionamento.

Reconhecia-se que a economia do país embora se beneficiasse de veículos de maior comprimento e maior peso, os danos aos pavimentos poderiam crescer exponencialmente. Sabia-se que ao se duplicar a carga de roda os danos passam a ser de 4 a 10 vezes maiores.

Seguem-se alguns pontos pinçados pelo autor, do item referente à avaliação do programa de pesquisas designado de “Long-Term Pavement Performance – LTTP”.

À época a vida esperada de um pavimento ficava entre 10 e 20 anos. A Tabela 14 do Relatório ilustra os benefícios de um acréscimo de vida do pavimento em termos de percentual de redução de gastos em dólares.

Os dividendos em longo prazo (20 anos) se referiam a mais completa compreensão das correlações dos efeitos das cargas, ambiente físico e manutenção de vários tipos de pavimentos. Essencial seria saber exatamente qual a estrutura do pavimento construído (*as-built*) e as características dos materiais usados. As observações periódicas deveriam incluir contagem volumétrica e pesagem dos veículos, avaliação funcional e de condição do pavimento, inclusive os remendos, prática e custos de manutenção. Dados meteorológicos e fatores ambientais deveriam ser registrados. Além da avaliação do desempenho propriamente dito, poder-se-ia considerar o resultado de diferentes estratégias de manutenção, métodos de reabilitação de pavimentos, materiais e técnicas construtivas. Obter-se-iam dados sobre o uso de materiais reciclados, misturas asfalto-enxofre e outros materiais novos ou modificados.

No prazo intermediário (10 anos) poder-se-ia obter modelos mais apurados de comportamento estrutural e de evolução de defeitos, ao termo de 15 a 20 anos.

Em prazo curto (5 anos) os dividendos resultariam da comparação e seleção dos métodos de projeto, construção, reabilitação e manutenção que seriam utilizados nos trechos experimentais. Dar-se-ia um balanço das práticas

dos vários estados. Algumas observações em curto prazo dariam informações a outras áreas e tópicos de pesquisa, por exemplo, a oxidação do asfalto e sua vida de fadiga. Dados obtidos em curto prazo serviriam às pesquisas de longo prazo.

Reconhecia-se que desde as mais antigas pistas experimentais progredira-se no projeto de pavimentos e

Tabela 14 – Benefícios Decorrentes do Aumento da Vida dos Pavimentos

Vida de Serviço Corrente Estimada (anos)	Ganho Adicional de Vida (anos)	Redução de Gastos da Vida de Serviço (%)	Percentual de Redução de Gastos em Valor atual ^a	Redução de Gastos do Programa Anual, Valor Atual (US\$ milhões) ^b
10	1	10	3,50	385
	3	30	8,69	956
	5	50	11,97	1.317
15	1	6,6	2,18	240
	3	20	5,40	594
	5	33	7,43	817
20	1	5	1,35	149
	3	14	3,35	369
	5	25	4,62	508
25	1	4	0,83	91
	3	12	2,08	229
	5	20	2,87	316
30	1	3,3	0,52	57
	3	10	1,29	142
	5	16,6	1,78	196
40	1	2,5	0,20	22
	3	7,5	0,50	55
	5	12,5	0,69	76

a – A taxa de juros de 10%

b – Com base num programa anual de pavimentação de US\$ 11 bilhões

tecnologias de sua construção. Assim foi com a pista de Bates, Illinois, 1920. A pista de La Plata, Maryland, envolveu 12 departamentos rodoviários, o Bureau of Public Roads (predecessor do FHWA) e alguns patrocinadores comerciais, tendo custado US\$ 245.000, sendo o pavimento de concreto de rodovia federal existente. Em 1950, após a pista de Maryland, instalou-se a pista experimental da WASHO em Malad, Idaho, oeste dos Estados Unidos.

Testaram-se 46 trechos de pavimentos de concreto asfáltico de várias espessuras sobre camada granular. Visava-se observar o efeito destrutivo de eixos simples de 18.000 libras (8,2tf ou 80kN) e eixos tandem de 40.000 libras (18,16tf ou 178,2kN). Os testes foram de novembro de 1952 a maio de 1954. A última grande pista experimental em circuito fechado foi a famosa *AASHTO Road Test*, em Ottawa, Illinois, a 100km a sudoeste de Chicago. O tráfego era de caminhões do Exército que circularam de 1958 a 1960, num total de 1.117.000 aplicações de cargas de eixos, em 836 trechos, 60% pavimentos asfálticos e 40% de concreto. O custo somou US\$ 31 milhões. Teve ampla repercussão durante 25 anos nos Estados Unidos e no exterior. No método de projeto de pavimentos flexíveis do DNER, foram adotados os coeficientes estruturais de camadas de diferentes materiais testados nesta pista experimental.

A AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) publicou guias ou manuais de dimensionamento em 1972, 1986 e 1993. Lembra o engenheiro Manuel Aires Jr., em 2004 (no anexo do livro *Mecânica dos Pavimentos*, 2005, deste autor e Laura Motta) que 80% dos estados norte-americanos usavam uma das três versões do Guia. O novo Guia, com fundamentos mecanístico-empíricos, é de 2002, mas já existe edição mais recente.

O guia de dimensionamento mecanístico-empírico só foi possível graças ao programa de pesquisa de desempenho em longo prazo.

Tendo antecipado acima o resultado principal obtido, volta-se a 1982. Previa-se a necessidade de, no máximo, 20 trechos experimentais por estado. Havia a necessidade de contar na equipe com especialistas em instrumentação, estatística e pavimentos. Na formulação do escopo, entender a pressão da indústria de transportes rodoviários por veículos mais pesados e de maiores dimensões, e equacionar o impacto da manutenção e na segurança. Isto é bem exemplificado na Figura 5 do Relatório. Os defeitos de um pavimento de concreto causavam perdas de carga transportada devido aos movimentos abruptos dos veículos e tombamentos. A raspagem da superfície corrigiu a irregularidade superficial; os acidentes, estando seca a superfície, foram reduzidos de 15%, e estando úmida, de 40%.

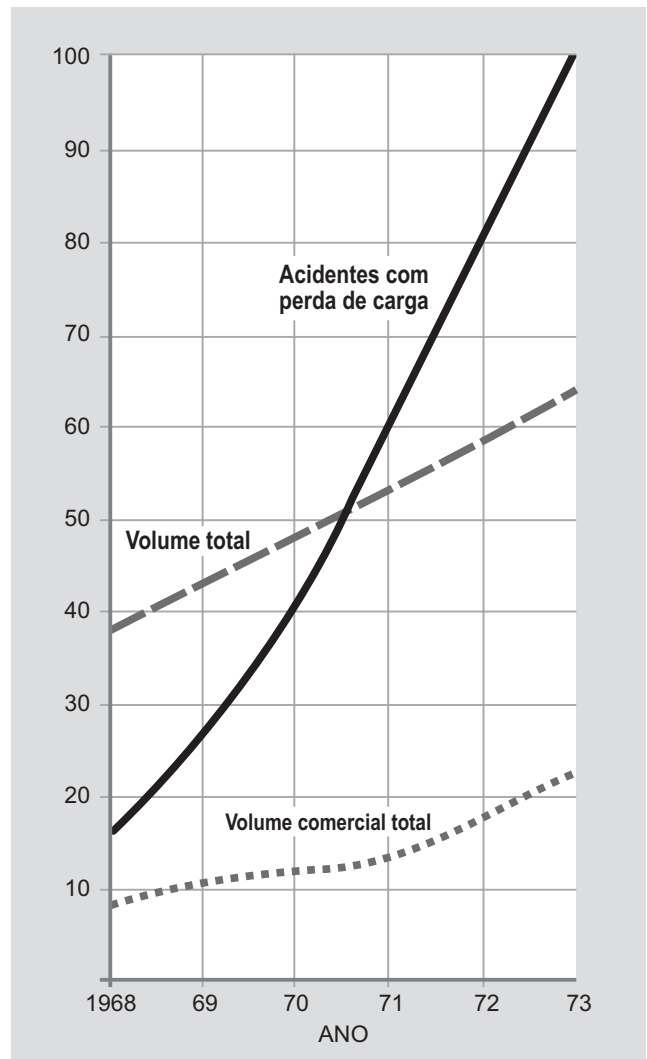


Figura 5 – Volume de tráfego e acidentes com perda de carga no marco I-17, 195,0-210,0, Phoenix, Arizona

Os objetivos da pesquisa LTPP se traduziram na busca de respostas às questões seguintes referentes a projeto e gestão de pavimentos:

1. Quais os procedimentos adequados de projeto e construtivos na reabilitação e reforço de pavimentos, a fim de prover vida economicamente renovada do pavimento?
2. Quais os efeitos dos vários tipos e níveis de manutenção na vida e desempenho dos pavimentos? Qual a relação custo-benefício da manutenção de pavimentos?
3. Qual o custo do atraso de uma manutenção e o efeito final na vida da rodovia?
4. Quais os efeitos das variáveis climáticas e ambientais na vida útil do pavimento e no desempenho do mesmo?
5. Estarão sendo avaliados corretamente os efeitos em

longo prazo das cargas (intensidade, tipo, frequência e seu conjunto) no tocante aos métodos de projeto de pavimentos e de construção?

6. Seria necessário reavaliar os fatores de equivalência de cargas, desenvolvidos na pista experimental da AASHO, a fim de aplicá-los a uma ampla variedade de resistência de pavimentos, tipos de materiais e de meio ambiente?
7. Quais os efeitos relativos e interações das variáveis ambientais (clima) na deterioração, desempenho e vida de serviço dos pavimentos?
8. Quais os efeitos das variações dos tipos de subleitos e de sua resistência nos requisitos de construção e desempenho final do pavimento?
9. Qual a capacidade de carga do pavimento quando a vida de projeto é esgotada?
10. Quais os efeitos de projetos alternativos de drenagem no desempenho e na vida de serviço do pavimento?

Em complemento às respostas das questões acima, a base de dados poderia atender aos ensaios de confirmação de longo prazo e às comparações de:

1. Cimentos asfálticos e asfaltos modificados;
2. Cimentos Portland melhorados e materiais correlatos;
3. Agentes de reciclagem e técnicas de reciclagem de pavimentos;
4. Novos materiais de pavimentação que oferecessem promissoras melhorias de desempenho dos pavimentos, tais como concreto polimérico, sulfex e asfalto- enxofre;
5. Seladores de pavimentos, misturas para remendos e outros materiais e processos de manutenção.

A administração de tal projeto de longa duração requereria um comitê consultivo que representasse os órgãos patrocinadores, os departamentos estaduais de transporte, a Administração Federal de Rodovias, a comunidade acadêmica e a indústria. Painéis consultivos e grupos de trabalho para assuntos específicos seriam formados de modo a prover serviços de consultoria individual. Existia, à época, como referência, a organização da *AASHO Road Test*. O projeto então formulado se distinguiria pela maior duração e necessária sobreposição, transição e seleção de pessoal para o comitê e grupos de trabalho, devendo ser de 5

anos o prazo médio dos cargos. Nestes termos mais amplos seria possível manter a continuidade em longo prazo.

O financiamento teria que prover recursos para as três partes do projeto: preparação, construção e monitoração. A preparação incluiria a constituição do quadro (*staff*) de pesquisadores, aquisição de equipamento especial de pesquisa, formação de grupos consultores de apoio e obtenção de recursos e computação e análise. O financiamento da construção abrangeria a escolha, construção, reabilitação e manutenção de trechos experimentais de pavimentos. A monitoração compreenderia os requisitos de coleta de dados e sua análise ano a ano, assim que os trechos experimentais estivessem prontos. A previsão para a preparação (ou parte inicial) era de US\$ 5 milhões por ano, durante o primeiro quinquênio. Seria escrito um relatório principal no primeiro biênio, contendo: (a) o projeto do experimento, (b) a análise proposta, (c) a escolha pormenorizada dos trechos experimentais, e (d) os planos conceptuais de construção dos trechos experimentais. Relatórios de curto prazo seriam produzidos quinquenalmente.

Considerando-se a variedade de materiais de pavimentos, construção, tráfego, clima etc., seriam necessários cerca de 20 locais de experimentos por estado para chegar a modelos que projetassem os resultados desejados. Estimou-se US\$ 25.000 por trecho para: (a) determinar as propriedades dos materiais e estruturas existentes de cada trecho, (b) avaliar o volume e as cargas do tráfego, (c) comprar, instalar e calibrar os instrumentos e o equipamento que permitissem avaliar o comportamento, defeitos e desempenho dos pavimentos. O total para os mil trechos experimentais seria de US\$ 25 milhões. Imprescindível para um projeto confiável de longo prazo. Os recursos para a construção e manutenção não proviriam de verbas de pesquisa, mas de gastos correntes da rodovia onde se inserisse o trecho. Previa-se que apenas 10% destes gastos atenderiam à pesquisa.

Os recursos para a fase de construção dos trechos num prazo de 3 anos somariam US\$ 25 milhões, em face da necessidade de controle especial da construção, registro documentado e outros custos de construção relacionados à pesquisa.

A previsão dos gastos para a coleta de dados foi estimada em US\$ 10 milhões por ano. Sua distribuição geo-

gráfica seria ampla. Estes dados se refeririam a deflexões, levantamento do estado do pavimento, medidas de rugosidade, resistência dos materiais, processamento de dados, manuseio e armazenamento dos dados. Considerando-se quatro rodadas de medições por ano, e 100 medições por rodada, ter-se-ia 400 operações por trecho por ano, e para os mil trechos o total de 400.000 operações. Estimados US\$ 20 por operação, chegar-se-ia a US\$ 8 milhões por ano. Acrescentem-se os gastos administrativos para compor e apoiar os grupos consultivos, no montante de US\$ 2 milhões por ano, e ter-se-ia US\$ 10 milhões. Em suma, os recursos financeiros seriam:

- Ano 1 a 5: Parte I. Fase inicial US\$ 25 milhões.
- Parte II. Construção US\$ 25 milhões.
- Ano 6 e seguintes: Parte III. Monitoramento US\$ 10 milhões / ano.

Havia a expectativa (1982) de um projeto extremamente vantajoso em relação ao investimento que se faria. Esperava-se a obtenção de dados vitais para a solução de questões críticas da política de transportes com que se defrontava o país e um salto na tecnologia de projeto de pavimentos, então estagnada por 25 anos. A pesquisa do desempenho de pavimentos em longo prazo constituía um elemento-chave no programa de pesquisa rodoviária estratégico.

7. OUTRAS ÁREAS DE PESQUISAS PROMISSORAS (1982)

Aqui o autor apresenta de modo muito sucinto outras áreas fora do enfoque diretor das duas áreas vistas (asfalto e LTPP). As demais áreas fazem parte de uma preocupação estratégica com a inovação tecnológica no início da década de 1980 nos Estados Unidos.

7.1. Eficácia do Custo de Manutenção

Os governos estaduais e locais despendiam US\$ 15 bilhões por ano na manutenção da rede de 4 milhões de milhas (6,4 milhões de quilômetros). Os serviços de manutenção representavam cerca de um terço do total dos gastos rodoviários.

A opinião pública, sempre crítica em relação à infraestrutura de transportes, é atendida pela sua representa-

ção no Congresso, sendo salientada a questão da manutenção. A manutenção compreende atividades não só no corpo estradal como nas áreas adjacentes, seja uma gama enorme de ações.

O programa de pesquisa em manutenção foi orçado em US\$ 20 milhões para 5 anos. Havia a intenção de contratar a pesquisa. Esta compreenderia fases de desenvolvimento e de demonstração ou programas de treinamentos nos departamentos estaduais na fase de implementação.

7.2. Proteção de Componentes das Pontes de Concreto

Em 1982 tinha-se a informação de que 26% das pontes da rede federal e 60% das demais apresentavam defeitos nos seus componentes: tabuleiros, balaústres, pilares, contrafortes etc. Estas falhas se referiam tanto às pontes estruturalmente defeituosas quanto às funcionalmente obsoletas.

Tanto quanto reparar as pontes defeituosas, havia o grande desafio de proteger 74% das pontes da rede federal e 40% de pontes outras, não classificadas como deficientes, em 1982. Os tabuleiros de concreto são vulneráveis aos produtos químicos de degelo usados no inverno. Ora, 32 dos 50 estados sofrem o efeito da neve e gelo.

Era de US\$ 48,9 bilhões a estimativa de gastos para o reparo e substituição de 253.196 pontes tidas como defeituosas no fim de 1982. Várias inovações tecnológicas estavam em pauta: remoção eletroquímica do sal, impregnação, proteção catódica etc. O investimento em pesquisa foi orçado em US\$ 800 mil por ano e subiria para US\$ 2 milhões por ano durante 5 anos iniciais.

7.3. Cimento e Concreto em Estruturas e Pavimentos Rodoviários

A indústria de transportes rodoviários consumia 16% do cimento Portland aplicado em construção nos Estados Unidos, em 1982. Eram de 7 a 8 milhões de toneladas por ano, ao preço de US\$ 65 por tonelada. É cerca de 85.000 milhas (136.000km) a extensão de estradas e ruas pavimentadas com concreto. Este, também é usado em meios-fios, passeios, e barreiras medianas. Dois terços das pontes de pequeno porte são de concreto. Quase todos os tabulei-

- c) Resultados potenciais: Novas possibilidades de avaliar e selecionar alternativas estratégicas de manutenção e reabilitação de pavimentos; melhoria do projeto e das técnicas construtivas. Economia potencial de US\$ 10 bilhões.

Área de Pesquisa de Custo-Eficiência da Manutenção

- a) Objetivo: Desenvolver procedimentos melhorados de administração e controle de programas de manutenção; desenvolver novos processos, equipamento e materiais; melhoria da produtividade do programa de manutenção.
- b) Custos previstos de 5 anos de pesquisa: US\$ 20 milhões.
- c) Resultados potenciais: novos sistemas de gerência e melhoria da produtividade da manutenção. Economia potencial de US\$ 150 milhões por ano.

Área de Pesquisa de Sistemas de Proteção de Componentes das Pontes de Concreto

- a) Objetivo: Desenvolver novos métodos para impedir deterioração adicional de tabuleiros e outros componentes das pontes que estejam contaminadas pelos cloretos.
- b) Custos previstos de 5 anos de pesquisa: US\$ 10 milhões.
- c) Resultados potenciais: Técnicas mais eficazes de remoção dos cloretos do concreto ou a proteção do concreto da contaminação pelos cloretos? Economia potencial de US\$ 400 milhões por ano.

Área de Pesquisa de Cimento e Concreto

- a) Objetivo: A compreensão dos fenômenos químicos e físicos da hidratação; avaliação de novas opções, tais como o concreto reciclado e uso de componentes com economia energética; e desenvolvimento de métodos de ensaios não destrutivos.
- b) Custos previstos de 5 anos de pesquisa: US\$ 12 milhões.
- c) Resultados potenciais: Possibilidade de produzir concreto de melhor qualidade e durável. Economia potencial de US\$ 50 milhões por ano.

Área de Pesquisa de Controle Químico da Neve e Gelo

- a) Objetivo: Reduzir o emprego do sal por meio de técnicas de gestão e utilização otimizada de remoção me-

cânica ou por via térmica além de uso alternativo de produtos químicos.

- b) Custos previstos de 5 anos de pesquisa: US\$ 8 milhões.
- c) Resultados potenciais: Redução dos problemas de corrosão e ação ambiental, que acarrete redução do nível de serviço dos programas de controle da neve e do gelo. Por exemplo, a redução dos gastos por diminuição da corrosão dos automóveis poderia ser de US\$ 45 milhões por ano.

O Programa Estratégico da pesquisa de 5 anos exigiria US\$ 30 milhões por ano. Proviriam de cerca de 0,25 % dos fundos federais, o que representaria US\$ 35 milhões por ano. Foi garantido por Lei do Congresso de 1982.

No caso da pesquisa de desempenho dos pavimentos de 20 anos de duração, fundos adicionais seriam obtidos para mais 15 anos.

Uma estrutura organizacional foi discutida para levar a um bom termo o Estudo Estratégico de Pesquisa em Transporte Rodoviários. Para tanto se definiram suas qualificações:

- 1) Independência para uma ação eficiente. É o que o Departamento de Defesa chama de força-tarefa nos projetos dirigidos de pesquisa e desenvolvimento (R&D). A incumbência seria bem definida e evitar-se-ia a burocracia.
- 2) Isolamento de influências externas indevidas, porém sem perder a perspectiva do mundo real em que os resultados da pesquisa serão testados e aceitos ou rejeitados.
- 3) Compromisso permanente organizacional e financeiro. Equipe, administração e operações garantidas por 5 anos. Este período excede o de continuidade política e financeira, em geral. Os mandatos dos membros da equipe não poderiam estar amarrados a estes ciclos. O progresso contínuo da *expertise* da equipe iria constituir um valioso acervo. Os objetivos, riscos e alternativas da gestão deveriam ser observados durante o programa. O fluxo de recursos financeiros deveria ser estendido pelos estados. A próxima organização da pesquisa deveria assumir compromissos com os projetos específicos.
- 4) Envolvimento dos interessados – engenheiros rodoviários, empreiteiros, fornecedores, fabricantes,

universidades, organismos de pesquisa, consultores e outros implementadores de nova tecnologia deveriam manter-se ligados ao programa de pesquisas. Setores públicos e privados responsáveis pela construção e manutenção de estradas e ruas e representantes do setor privado deveriam ter um papel importante no programa. Estes interessados, por sua experiência e *expertise* técnica deveriam ter a oportunidade de: (a) rever e orientar a pesquisa, (b) participar dos ensaios de campo, e (c) apresentar sugestões de suas aplicações diante da realidade. *A participação destas pessoas interessadas na pesquisa, com a compreensão de seus resultados, as tornaria atuantes na transferência de tecnologia e sua complementação em órgãos públicos.*

- 5) A administração central com um objetivo claro. O diretor do programa é responsável pelas metas a atingir em face do orçamento. Toda flexibilidade de ação, necessária conforme as diretrizes estabelecidas. Um pequeno grupo de representantes das principais agências (por exemplo, AASHTO, FHWA e TRB) contribuiria para as diretrizes gerais de operação e dos programas de pesquisas.
- 6) Competência: Entendia-se que neste estudo se reconstruiria a *expertise* técnica nas áreas carentes de

pesquisa. Onde a necessidade de sensibilidade para entender as consequências com respeito aos transportes, a partir de grande volume de dados obtidos em tempo relativamente pequeno.

Segue-se, no texto original, a enumeração de diferentes opções organizacionais próprias das condições norte-americanas.

9. OBSERVAÇÕES FINAIS DO AUTOR DA SÚMULA

Procurou-se extrair do texto original a metodologia de diagnóstico da situação das rodovias norte-americanas no início da década de 1980, acentuando-se a importância da ideia de um projeto nacional e de sua organização. Tudo isto impregnado das condições socioeconômicas dos Estados Unidos em 1980. Transcreveu-se o que parecia ser necessário conhecer da realidade de um país desenvolvido, para que o leitor pudesse avaliar a exata medida do que se aplicaria ou não ao nosso país. Pensa o autor ser indispensável um esforço para que desenvolvamos pistas experimentais, com a participação de engenheiros rodoviários de órgãos públicos e estaduais, pesquisadores universitários e empreiteiros.

Rio de Janeiro, 6 de janeiro de 2009.

Comportamento de solos estabilizados com emulsão asfáltica em vias de baixo volume de tráfego

Giuseppe Miceli Junior, M.Sc.

11º Batalhão de Engenharia de Construção

José Renato M. S. Oliveira, D.Sc.

Instituto Militar de Engenharia

Laura Maria Goretti da Motta, D.Sc.

Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO

O objetivo deste trabalho é estudar o comportamento resiliente de três solos do Estado do Rio de Janeiro estabilizados com emulsão asfáltica, utilizando-se ensaios próprios da Mecânica dos Pavimentos, para aplicação na construção de rodovias de baixo volume de tráfego. São apresentados os conceitos básicos do solo-emulsão, sob o aspecto físico-químico e experimental, e realizados ensaios de módulo de resiliência em condições variadas de cura, sendo adotados dois tipos de emulsão (RL-1C e RM-1C).

O estudo em laboratório é complementado ainda com análises feitas em microscópio eletrônico de varredura (MEV), quando são mostrados aspectos dos solos puros e dos solos estabilizados, com destaque para a mudança nas suas microestruturas, que explicam os efeitos da estabilização nos

solos. Verificou-se que o acréscimo de emulsão age diferente para solos granulares e finos, modificando significativamente o comportamento mecânico das duas categorias de solos, especialmente melhorando o solo granular analisado. Entretanto, a umidade exerce um fator importante no ganho de módulo, principalmente nos solos plásticos analisados, onde a sucção teve maior influência.

Adicionalmente foram realizados ensaios de desgaste tipo FWT e WTAT com o objetivo de quantificar as deformações em trilha de roda de solos estabilizados com emulsão. Os resultados observados foram comparados com os obtidos por dimensionamentos mecânicos por meio do programa FEPAVE2. A dissertação de mestrado que deu origem a este trabalho recebeu o Prêmio Petrobras de Inovação Tecnológica 2007 no Tema Tecnologia de Produtos.

1. INTRODUÇÃO

Cerca de 90% da malha rodoviária não pavimentada brasileira encontra-se sob responsabilidade do poder público municipal, que normalmente não dispõe de grandes recursos para atuar sobre a mesma. E quando o fazem, prefere soluções não definitivas, como a raspagem com moto-

niveladora a cada novo período de chuva. Neste contexto, parte dos gastos poderia ser minimizada no caso da opção por um pavimento de baixo custo, em vez dos elevados recursos necessários para implantação de um pavimento tradicional, que nem sempre é a necessidade da via em questão.

Adicionalmente, estas vias são responsáveis pela maior parte do escoamento da produção agrícola e industrial de

pequeno porte, que muitas vezes é inviabilizado devido à precariedade do sistema de transporte. Esta situação compromete a expectativa de melhoria de qualidade de vida, levando à migração em busca de regiões com melhores condições.

Outro aspecto importante é que há cada vez menos disponibilidade de materiais de boa qualidade para bases e sub-bases de pavimentos, principalmente pelas restrições ambientais de exploração de jazidas, muito embora formas alternativas de pavimentação venham sendo pesquisadas e implantadas conforme as necessidades socioeconômicas de cada região. Dentre as principais alternativas em utilização destacam-se: a metodologia MCT (NOGAMI & VILLIBOR, 1995), fundamentada no comportamento de pavimentos de solos lateríticos; a reutilização e reciclagem de rejeitos oriundos da própria obra ou de construção e demolição; e a estabilização de solos, que possibilita a melhora das características de resistência e durabilidade de um solo local. Dentro deste último contexto se encontra o solo-betume, que se enquadra como uma estabilização de solos com produtos derivados do petróleo, como o asfalto diluído e as emulsões asfálticas.

2. MATERIAIS UTILIZADOS

2.1. Solos

Foram adotados solos do interior do Estado do Rio de Janeiro, não só pela facilidade de coleta, mas também pela importância do uso das estradas vicinais do Estado para o escoamento da produção agrícola. Essas rodovias, que atendem a pequenas comunidades e propriedades rurais de municípios do interior do estado, apresentam algumas características comuns como: pequena plataforma de terraplenagem; grande sinuosidade de traçado; declividades acentuadas; deficiência de drenagem; e baixo volume de tráfego.

A decisão da utilização de dois solos visou estudar um de comportamento granular, como um silte arenoso, e outro de comportamento plástico; preferencialmente um silte argiloso. Além desses dois solos, escolheu-se também

um terceiro solo, oriundo de uma via vicinal de acesso ao Depósito Central de Munição do Exército Brasileiro, com o fim de avaliar se esta solução se adequaria ao tráfego das viaturas daquele aquartelamento.

O solo A foi coletado em uma jazida de saibro explorada pela Prefeitura Municipal de Cachoeiras de Macacu/RJ e vem sendo utilizado para revestimento primário, sub-base e base de rodovias vicinais. O solo B foi coletado na estrada municipal nas proximidades de Nova Friburgo/RJ. A amostra C foi coletada na adjacência de um revestimento primário de via interna do Depósito Central de Munição em Paracambi/RJ, sendo seu solo bastante representativo das regiões lindeiras, especialmente da RJ-122, próxima ao local. A Figura 1 apresenta a localização em imagem satélite dos pontos de coleta dos solos.

O solo A foi classificado como A-2-4 na classificação TRB, sendo sua classificação MCT como NA'. O solo B foi

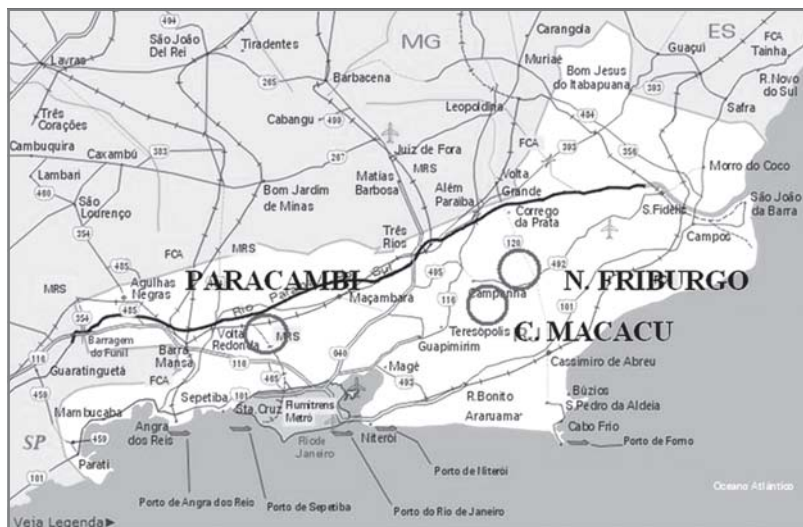


Figura 1 – Localização dos pontos de coleta de solos. Fonte: DNIT (2002)

classificado como A-7-5 e o solo C como A-7-6 pela metodologia TRB, que atribui um desempenho ruim para utilização em pavimentação. Todavia, são solos de comportamento laterítico, apresentando classificação MCT como LG', e por isso são aproveitados em pavimentação dentro da metodologia descrita por Nogami & Villibor (1995). Todos os solos descritos são classificados como SM, segundo o sistema unificado de classificação de solos (SUCS), embora sejam solos diferentes entre si (Tabela 1).

A caracterização química dos solos levou às suas classificações como ácidos, com o pH em todos os casos menores

Tabela 1 – Parâmetros de classificação dos solos utilizados na pesquisa

Solo	Porcentagem passante				Classificação			Índices		
	#4	#10	#40	#200	TRB	SUCS	MCT	LL	IP	IG
A	98	95	81	30	A-2-4	SM	NA'	NP	NP	0
B	100	97	64	41	A-7-5	SM	LG'	52	15	3
C	97	91	62	41	A-7-6	SM	LG'	43	19	4

que 7. Também nos solos A e B foi encontrada uma quantidade de matéria orgânica (M.O.) menor que 0,4, enquanto no solo C esse valor foi bem próximo de 1, valores que podem ser considerados baixos (Tabela 2).

Tabela 2 – Caracterização química dos solos

Amostra	pH		M.O.
	H ₂ O	KCl	
Solo A	4,87	4,06	0,17
Solo B	5,41	4,48	0,37
Solo C	5,15	4,45	0,94

O solo A sofreu menos o ataque sulfúrico que os outros solos (Tabela 3), apresentando um resíduo de 76,4%. Este caso também é visto nas porcentagens de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ e K₂O encontradas: os solos B e C apresentaram uma porcentagem desses compostos maior que o solo A.

O coeficiente K_i do solo A apresentou valor de 2,12 e do solo B, 1,35, o que indica que este sofreu mais intemperismo que aquele. Por sua vez, o coeficiente K_r também

zo no solo A, comprovando sua natureza granular, contra uma maior frequência do argilo-mineral gipsita no solo B.

2.2. Emulsões

Foram utilizados dois tipos de emulsões fornecidas pelo CENPES/Petrobras: uma de ruptura lenta (RL-1C) e outra de ruptura média (RM-1C), buscando-se, assim, testar a influência na mistura das diferenças de comportamento entre os dois tipos.

3. O SOLO-EMULSÃO

3.1. Considerações iniciais

Diversos solos brasileiros estabilizados com emulsão asfáltica já foram ensaiados em laboratório, utilizando-se para comparação ensaios de dosagem como o CBR e a resistência à compressão simples, como em Lucena *et al.* (1982), Momm (1983), Araújo *et al.* (1983), Bueno (1991),

Tabela 3 – Caracterização química dos solos – Ataque sulfúrico

Amostra	Ataque Sulfúrico (%)							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	Res.	K _i	K _r
Solo A	8,26	6,62	3,02	0,25	0,1	76,4	2,12	1,64
Solo B	15,69	19,7	5,78	0,22	0,54	45,3	1,35	1,14
Solo C	16,04	12,1	5,41	0,55	0,64	54,3	2,25	1,75

foi maior para o solo A que para o solo B, mas o valor encontrado foi menor que 2. O solo C, pelos seus valores de K_i e K_r, foi o menos intemperizado.

Adicionalmente, foram realizadas análises de difratografia por raios X nos solos A e B com o objetivo de identificar os principais minerais presentes nas amostras. A Tabela 4 mostra a intensidade da presença destes minerais, tendo sido observada uma maior frequência de quart-

Tabela 4 – Minerais presentes nos solos (levantamento por meio de detector EDX)

Amostra	Minerais Presentes (%)			
	Gipsita	Goetita	Ilita	Quartzo
Solo A	+	+	-	++
Solo B	++	+	-	+

Obs.: (-) Mineral ausente; (+) Mineral presente; (++) Mineral presente em maior quantidade.

Carvalho *et al.* (1992) e em Jacintho (2005). Em geral, confirmou-se que solos arenosos são estabilizáveis com baixos teores, e solos argilosos necessitam de teores mais altos para serem estabilizados satisfatoriamente.

A percentagem máxima passante na #200 que o solo deve ter, de acordo com diferentes fontes de consulta, varia de 25% a 50%. Entretanto, quanto mais graúdo o solo, maior a possibilidade de sucesso, com exceção dos solos onde a quantidade mínima de finos varia de 5% a 10%. (VOGT, 1971; YODER & WITCZAK, 1975; KEZDI, 1979; DER/SP, 1988; ASTM, 2006).

Solos finos e plásticos geralmente não têm uma estabilização satisfatória por causa da dificuldade em se promover uma mistura íntima no sistema. O melhor resultado é conseguido se o emulsificante reagir com os compostos inorgânicos da superfície mineral dos grãos. As propriedades químicas dessas superfícies devem ser conhecidas, principalmente os cátions ligados à fração argila de carga negativa (YODER e WITCZAK, 1975; KEZDI, 1979). Em relação à plasticidade, o solo a ser estabilizado deve ser pouco plástico, com IP máximo sugerido de 12% a 18% (YODER & WITCZAK, 1975; KEZDI, 1979).

3.2. Procedimentos de mistura em laboratório

A adição de emulsão ao solo deve envolver sua diluição em água, o que se torna necessário em função da elevada viscosidade do produto. Sem esta diluição, a mistura entre o solo e a emulsão não se torna adequada (VOGT, 1971; MATTOS *et al.*, 1991). Lucena *et al.* (1982) e Araújo *et al.* (1983) recomendam uma parte de emulsão e uma parte de água, enquanto Vogt (1971) recomenda fazer um ensaio de laboratório com teores de 45% e 30% de diluição até se encontrar uma boa dispersão e viscosidade.

Existe ainda a água que é utilizada normalmente em laboratório ou em campo e que é acrescentada ao solo para levá-lo à umidade ótima. Em misturas solo-emulsão, ela melhora a dispersão da emulsão ao solo de uma for-

ma mais direta, sendo chamada de água de compactação por Vogt (1971). Não devem deixar de ser consideradas a umidade higroscópica do solo e a água já contida na emulsão pura. Ela é determinada em ensaios de destilação ou em resíduo por aquecimento de emulsões asfálticas. Essas quatro parcelas formam a percentagem de água necessária para a compactação do solo, e é chamada por Vogt (1971) de água total. Na prática, a água total depende diretamente do equipamento a ser utilizado na mistura, e a esse valor é acrescida uma umidade de 1 a 5%. Quanto maior a energia de dispersão, maior deverá ser esse valor, no intuito para prevenir as perdas de umidade durante o processo de mistura.

3.3. Caracterização microestrutural

A caracterização microestrutural foi realizada utilizando a análise em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) sobre amostras compactadas, extraídas de corpos de prova, puras e adicionadas com 2, 4 e 8% de emulsão, com ampliações de 500 vezes. As Figuras 2 e 3 apresen-

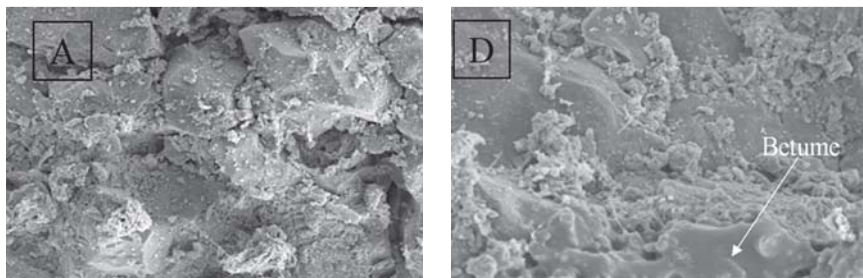


Figura 2 – Amostra (A) solo A puro; Amostra (D) solo A + 8% RL.

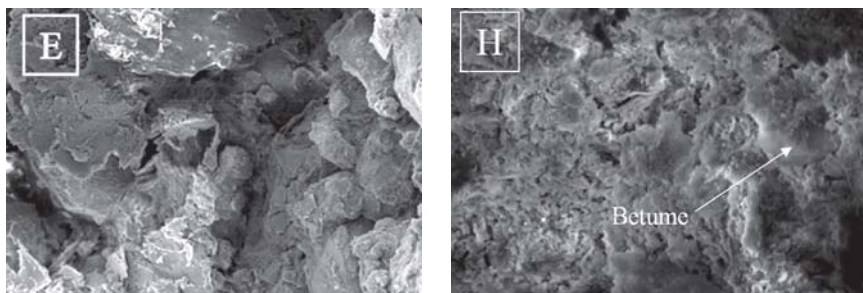


Figura 3 – Amostra (E) solo B puro; Amostra (H) solo B + 8% RL.

tam fotografias de MEV que mostram uma mudança na microestrutura interna do solo, com ênfase principalmente para “floculação” das partículas finas do solo observada nos corpos de prova estabilizados com emulsão. Esta maior

agregação da microestrutura em parte justifica a melhoria das características do solo.

4. RESULTADOS DOS ENSAIOS

4.1. Ensaio triaxiais dinâmicos

Os procedimentos utilizados para a realização do ensaio triaxial de carregamento repetido na determinação do módulo de resiliência em amostras de solos são os descritos pelo método DNER ME 131/94. O módulo de resiliência de cada solo pode ser expresso, por modelos matemáti-

cos com constantes experimentais, como uma função do estado de tensão aplicado durante o ensaio. Os principais modelos deste tipo são os primeiramente descritos por Hicks (1970) e mais tarde aperfeiçoados por Svenson (1980). Macêdo (1996) utilizou o modelo definido por Pezo (1991), conseguindo coeficientes de correlação bem maiores, sendo chamado de modelo composto:

$$MR = k_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3}$$

Os ensaios triaxiais dinâmicos foram realizados com o objetivo de melhor conhecer os aspectos associados à

Tabela 5 – Módulos de resiliência dos solos A, B e C puros e estabilizados (modelo composto).

Amostra	h_{mold}	h_{rup}	Teor	Tipo	k_1 (MPa)	k_2	k_3
Solo A	11,5 %		Solo Puro		354	0,35	-0,23
Solo B	19,0 %				112	0,12	-0,65
Solo C	15,0 %				85	0,11	-0,61
Solo A	11,5%	3,8%	Solo Puro		387	0,17	-0,27
Solo B	19,0%	5,3%			371	0,05	-0,14
Solo C	15,0%	7,6%			1007	0,29	0,00
Solo A	11,0%	4,7%	2%	RL	628	0,20	-0,23
Solo B	20,1%	15,6%			880	0,25	-0,14
Solo C	15,9%	8,3%			765	0,35	-0,36
Solo A	10,7%	4,3%	4%	RL	668	0,20	-0,17
Solo B	19,9%	16,1%			624	0,05	-0,04
Solo C	15,1%	8,6%			821	0,51	-0,12
Solo A	11,0%	4,1%	6%	RL	583	0,05	-0,07
Solo B	19,3%	17,7%			700	0,16	-0,13
Solo C	15,3%	8,7%			727	0,17	-0,24
Solo A	11,6%	4,3%	8%	RL	717	0,20	-0,18
Solo B	19,5%	16,7%			503	0,03	-0,17
Solo C	15,5%	10,9%			519	0,13	-0,31
Solo A	11,0%	4,7%	2%	RM	827	0,39	-0,24
Solo B	20,1%	15,6%			476	0,08	-0,22
Solo C	15,5%	8,3%			765	0,35	-0,36
Solo A	10,7%	4,3%	4%	RM	788	0,20	-0,03
Solo B	19,9%	16,1%			580	0,06	-0,13
Solo C	15,6%	8,6%			821	0,51	-0,12
Solo A	11,0%	4,1%	6%	RM	692	0,09	-0,08
Solo B	19,3%	17,7%			889	0,20	-0,10
Solo C	15,4%	8,7%			727	0,17	-0,24
Solo A	11,6%	4,3%	8%	RM	704	0,15	-0,13
Solo B	19,5%	16,7%			1293	0,16	0,02
Solo C	15,7%	10,9%			519	0,13	-0,31

deformabilidade dos solos estudados. Os corpos de prova utilizados foram os de 10cm de diâmetro e 20cm de altura, obedecendo ao método DNER ME 131/94, e a sequência de ensaio é a descrita em Medina e Motta (2005). Os parâmetros para o modelo composto dos ensaios de módulo realizados estão na Tabela 5, que apresentaram R^2 mínimo de 0,95.

A Figura 4 mostra uma representação gráfica tridimensional do modelo composto para os solos A e B nas condições puro, isto é, sem emulsão, com ruptura imediata à moldagem e após sete dias ao ar livre, e também com

4% de emulsão RL após sete dias de cura ao ar livre. Os ensaios foram realizados com cura ao ar livre por sete dias, para avaliação da influência no ganho de módulo do solo-emulsão. Uma das vantagens observadas é que o módulo tornou-se menos dependente do estado de tensões do solo, o que é visto com a diminuição dos valores de k_2 e k_3 . O módulo também aumentou com o acréscimo de emulsão ao solo, parcialmente percebido pelo aumento do valor de k_1 , o que se deve principalmente à ação aglutinadora do estabilizante. Todavia, deve-se salientar que a perda da umidade mostrou grande influência no ganho

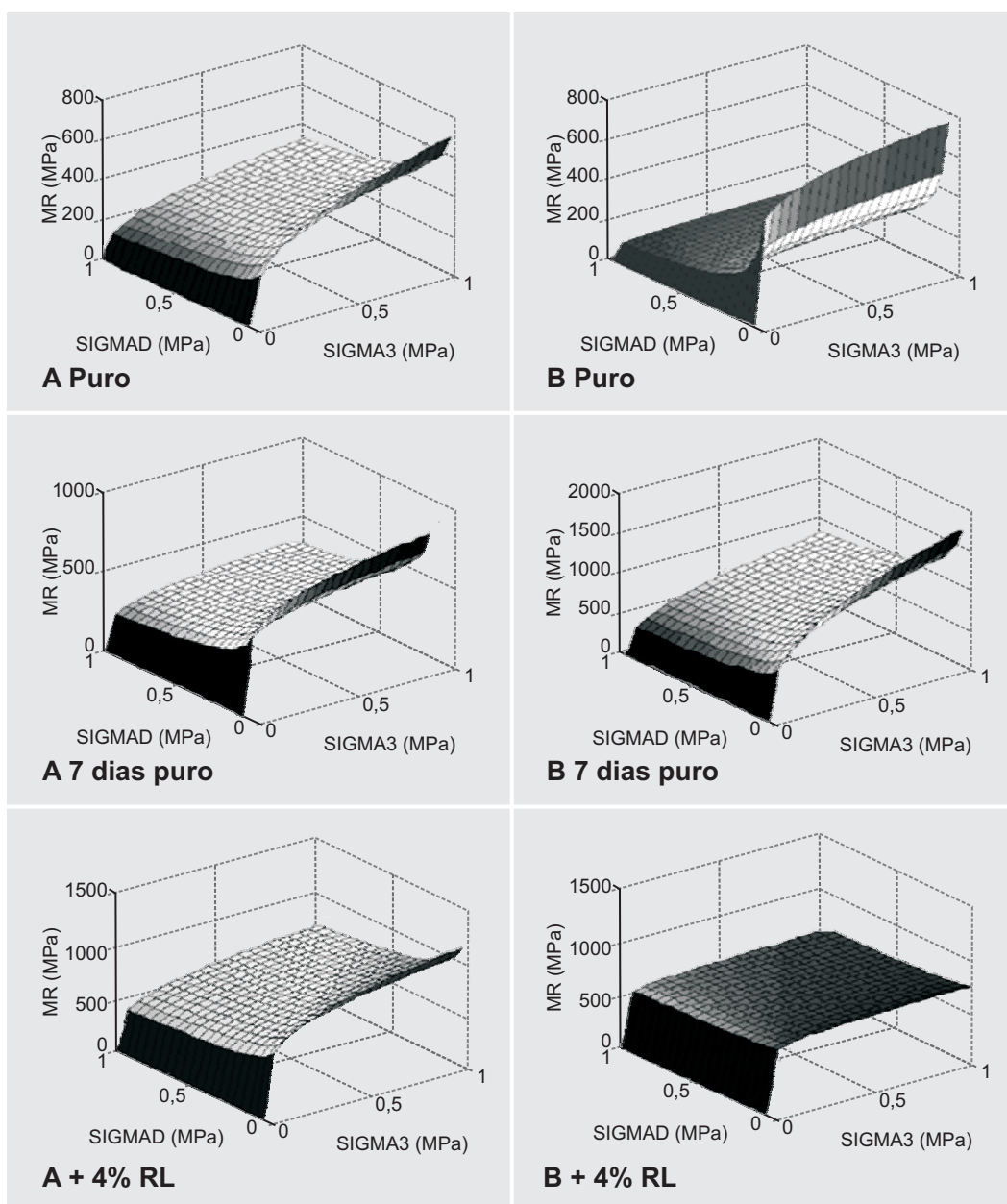


Figura 4 – Gráficos do modelo composto dos solos A e B.

de módulo de resiliência das amostras, principalmente dos solos plásticos B e C.

Foi observado que as misturas com emulsão RM-1C apresentaram um ganho maior de resistência que as misturas com RL-1C, provavelmente devido à maior velocidade de ruptura da RM em comparação com a RL.

Foram realizados também ensaios com cura em câmara úmida, com os corpos de prova sendo envolvidos em filme de PVC. Verificou-se que o ganho de resistência associado ao comportamento resiliente foi prejudicado com a cura úmida, mais uma vez evidenciando que a perda de umidade tem realmente grande influência no processo de estabilização.

4.2. Ensaios de desgaste – *Loaded Wheel Test (LWT)*

A avaliação foi feita de forma totalmente quantitativa, por intermédio da deformação vertical obtida durante o ensaio, em vez do critério definido por Duque Neto (2005), dependente da avaliação visual. Foi adotada também uma condição de parada para os ensaios, tendo sido interrompidos quando a deformação permanente chegou a 2cm. Em comparação com a altura da amostra, que é de 5cm, tal deformação já pode ser considerada de grandes dimensões, perfazendo 40% da altura do corpo de prova.

Os corpos de prova foram moldados, compactados e marcados nos seus quatro quartos totalizando quatro medidas de deformações ao longo do comprimento. Os ensaios foram realizados com um dia de cura, para assegurar a ruptura completa da emulsão. A Figura 5 apresenta os resultados dos ensaios de desgaste LWT para os solos A e B.

O solo A puro chegou à deformação limite com 150 ciclos, enquanto o mesmo solo estabilizado chegou a uma deformação máxima de seis milímetros ao fim de 500 ciclos. Nota-se então uma significativa melhoria na condição de desgaste ao se acrescentar a emulsão asfáltica. Todavia, essa deformação é aproximadamente 15% da espessura total do corpo de prova, o que em campo constitui um afundamento de trilha de roda (ATR) proporcional à espessura da camada. Uma camada de base estabilizada de 10cm geraria individualmente um ATR de 15mm, admissível pelos padrões usuais.

Por outro lado, se for considerado que 60% da deformação encontrada no LWT é devida aos 50 primeiros ciclos

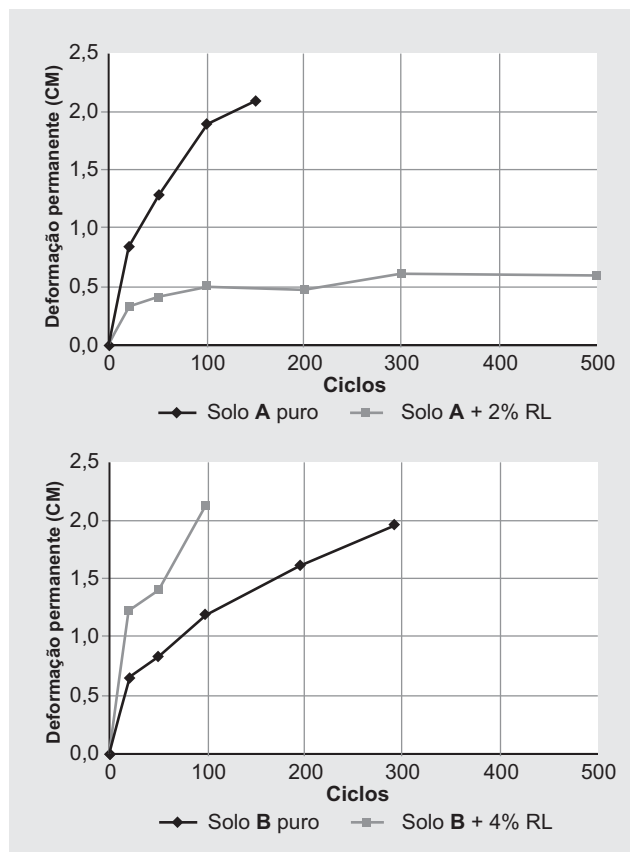


Figura 5 – Resultado dos ensaios de desgaste LWT para os solos A e B.

e que a deformação total tende a se tornar estável, pode-se perceber uma utilização promissora do solo-emulsão em revestimento primário.

Ao contrário do solo A, o solo B puro chegou ao limite com 300 ciclos, e o solo B estabilizado a um terço desse valor, o que mostra o efeito negativo da adição de emulsão para o caso de um solo plástico.

4.3. Ensaios de desgaste – *Wet Track Abrasion Test (WTAT)*

A avaliação foi feita de forma totalmente quantitativa, por meio da deformação vertical obtida durante o ensaio, em vez do critério definido por Duque Neto (2005), dependente da avaliação visual.

Assim, foram executadas quatro medidas espalhadas pelo centro do corpo de prova, que teve contato com a borraça abrasiva. Tais medições foram feitas em milímetros com o auxílio de um paquímetro. A Figura 6 mostra a deformação permanente dos corpos de prova para os solos A e B.

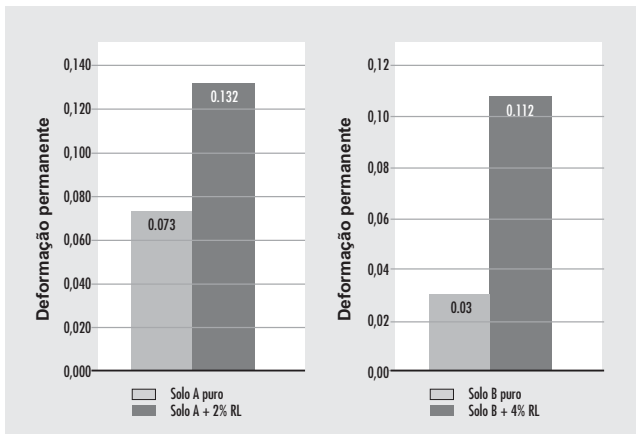


Figura 6 – Resultado dos ensaios de desgaste WTAT para os solos A e B.

Verificou-se que os solos apresentaram uma deformação maior com o acréscimo de emulsão asfáltica, mas com uma ordem de grandeza pequena (máximo de 1mm), o que é compatível e aceitável em se tratando de esforços de abrasão, como é o caso do WTAT.

5. DIMENSIONAMENTO MECANÍSTICO

A título ilustrativo, de um possível dimensionamento mecânico com os dados de módulo de resiliência obtidos neste estudo para baixo volume de tráfego, foram estudadas três estruturas típicas, com camadas estabilizadas de solo-emulsão como parte do pavimento, utilizando o programa FEPAVE2.

Para efeito de alternativa de dimensionamento foram adotadas as espessuras 5, 10 e 15cm de camada de solo-emulsão para as estruturas II e III. O subleito considerado nos exemplos é o solo A, e para a camada estabilizada foi utilizada a mistura deste solo com 2% RL-1C. Para o tratamento superficial foi adotado o valor de 500MPa para o módulo de resiliência com uma espessura de 2cm (MARANGON, 2004). Os resultados das sete variações de tipos de estrutura estão apresentados

na Tabela 6. Ressalte-se que as deflexões listadas são entre rodas, como é de praxe nas análises de pavimentos com revestimentos espessos.

Comparando os casos das estruturas II e III, verifica-se que, quando a camada estabilizada tem a mesma espessura, as deflexões sob a roda e a tensão vertical no subleito são da mesma ordem de grandeza. Entre a estrutura I e as estruturas II e III, observa-se que a estabilização do subleito de 5cm com emulsão asfáltica gera uma tensão 46% menor e uma deflexão 35% menor sob a roda. No caso de 15cm de estabilização, a deflexão se reduz a cerca da metade. Portanto, comprova-se que, no caso do solo granular deste estudo, o uso de somente 2% de emulsão RL melhora significativamente a condição estrutural para um pavimento destinado a baixo volume de tráfego.

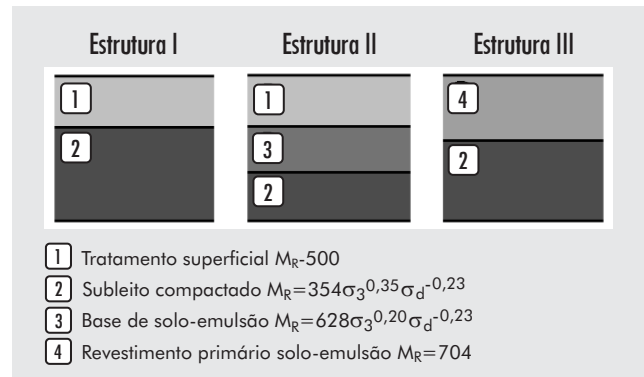


Figura 7 – Estruturas de pavimento adotadas nos dimensionamentos mecânicos.

6. CONCLUSÕES

Para solos granulares, a interação solo-emulsão pode ser considerada benéfica, pois aumenta a coesão do sistema, promovendo uma melhoria em quase todos os parâmetros analisados neste estudo. Adicionalmente, confere impermeabilidade ao sistema, fazendo com que a umidade residual ao final de um período de tempo seja

Tabela 6 – Resultados dos parâmetros calculados pelo FEPAVE2.

Parâmetro	Estrutura I	Estrutura II			Estrutura III		
		Esp. Base (cm)			Esp. Rev. Prim. (cm)		
		5	10	15	5	10	15
Deflexão sobre a roda (mm)	0,60	0,44	0,35	0,31	0,45	0,30	0,28
Tensão vertical no subleito (MPa)	0,57	0,39	0,24	0,16	0,44	0,26	0,17

maior que para os solos puros não estabilizados, além de fazer com que o comportamento mecânico fique menos dependente do estado de tensões.

Para solos finos, a utilização do solo-emulsão tem limitações. O aumento no valor de alguns parâmetros de

resistência deve ser mais bem avaliado, pois o ganho pode estar relacionado apenas à perda de umidade do solo puro durante o processo de cura. Entretanto, a impermeabilidade de corpos de prova de solos finos estabilizados é mais eficiente que em solos mais granulares.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM. D 4223-99 (2006) Standard Practice for Preparation of Test Specimens of Asphalt-Stabilized Soils, Estados Unidos.
- ARAUJO, R.N.A.; LUCENA, F.B. & FERREIRA, H.C. (1983) "Propriedades de resistência ao cisalhamento de solos lateríticos estabilizados com emulsão asfáltica catiônica RM-1C". In: Reunião Anual de Pavimentação, 18ª. Porto Alegre/RS. Anais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação.
- BUENO, B.S. (1991) "Estudo experimental em laboratório de solos estabilizados com betume". In: Reunião Anual de Pavimentação, 25ª. São Paulo/SP. Anais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação.
- CARVALHO, C.A.B.; DOURADO FILHO, J. & ESPIRITO SANTO, D. (1992) "Uma análise de desgaste e de resistência à compressão simples – mistura solo-betume". In: Reunião Anual De Pavimentação, 26ª. Aracaju/SE. Anais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação.
- DNIT (2002) – Mapa Rodoviário de Rio de Janeiro.
- DER-SP. DER-SP 3.07/88 (1988) Bases e sub-bases de solo-asfalto São Paulo.
- DUQUE NETO, F.S. (2004) "Proposição de metodologia para a escolha de solo e dosagem de antipó com emulsão de xisto". Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- JACINTHO, E.C. (2005) "Estudo do comportamento de misturas solo-emulsão para uso em barragens". Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), UnB, Brasília, DF.
- KEZDI, A. (1979) Stabilized Earth Roads – Developments in Geotechnical Engineering. Elsevier Company.
- LUCENA, F.B.; FERREIRA, H.C. & ARAUJO, R.N.A. (1982) "Uso de emulsão catiônica na estabilização de solos lateríticos". In: Reunião Anual de Pavimentação, 17ª. Curitiba/PR. Anais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação.
- MACÊDO, J.A.G. (1996) "Interpretação de ensaios defletométricos para a avaliação estrutural de pavimentos flexíveis". Tese (Doutorado em Engenharia Civil), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ.
- MARANGON, M. (2004) "Proposição de estruturas típicas de pavimentos para a região de Minas Gerais utilizando solos lateríticos locais a partir da pedologia, classificação MCT e resiliência". Tese (Doutorado em Engenharia Civil), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ.
- MEDINA, J. & MOTTA, L.M.G. (2005) *Mecânica dos Pavimentos*. 2 ed.. Editora COPPE, Rio de Janeiro/RJ.
- MICELI JUNIOR, G. (2006) "Comportamento de solos do Estado do Rio de Janeiro estabilizados com emulsão asfáltica". Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), IME, Rio de Janeiro/RJ.
- NOGAMI, J.S. & VILLIBOR, D.F. (1995) *Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos*. Editora Villibor, São Paulo/SP.
- MOMM, L. (1983) "Uso de emulsão catiônica na estabilização de solos". In: Reunião Anual de Pavimentação, 18ª. Porto Alegre/RS. Anais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação.
- YODER, E.J. & WITCZAK, M.W. (1975) *Principles of Pavement Design*. 2 ed., John Wiley & Sons, Inc. Nova York.
- VOGT, J.C. (1971) "Estabilização Betuminosa". 7ª Simpósio sobre Pesquisas Rodoviárias. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, DNER, Rio de Janeiro/RJ.

Evento Internacional de Tecnologia em
Pavimentação e Infraestrutura Viária e Rodoviária.

BRAZIL ROAD EXPO 2011



04 A 06
DE **ABRIL**

EXPO CENTER NORTE
SÃO PAULO

Realização:



Quartier

FEIRAS E EVENTOS

Apoio:



150 EXPOSITORES
NACIONAIS E INTERNACIONAIS

9.000m²
DE EXPOSIÇÃO

8.000
VISITANTES

**PROGRAMA DE
CONFERÊNCIAS**

Mais Informações sobre
como expor ou visitar:

55 11 **2283.6207**

info@brazilroadexpo.com.br

www.brazilroadexpo.com.br

Novos paradigmas dos transportes: a revolução sobre trilhos – Parte I

Rone Antônio de Azevedo
Engenheiro Civil

O presente artigo discute o sistema ferroviário de alta velocidade para transporte de passageiros e os principais problemas de gestão associados aos novos projetos. Devido à diversidade de características dos sistemas existentes, a análise foi realizada em duas etapas: (1) descrição do sistema de alta velocidade sobre trilhos adotado nos Estados Unidos e na União Europeia; (2) descrição do sistema de alta velocidade com levitação magnética nos países asiáticos e o projeto brasileiro.

Trens de Alta Velocidade (TAVs) são concebidos como veículos terrestres com grande capacidade de transporte de passageiros, projetados com formato aerodinâmico para minimizar a resistência ao deslocamento e alcançar velocidades superiores a 200km/h. Trafegam em ferrovias de alta velocidade especialmente projetadas ou com redução de velocidade em ferrovias existentes.

Entre as vantagens do sistema ferroviário de alta velocidade são citadas as seguintes:

- Confiabilidade e regularidade na operação, sucesso comprovado nos projetos já em serviço.
- Maior segurança do transporte com baixo índice de acidentes.
- Estímulo ao desenvolvimento tecnológico e geração de empregos.
- Integração e desenvolvimento econômico de áreas como mercado único.
- Redução de impactos ambientais devido à menor emissão de poluentes resultante da absorção da demanda e da infraestrutura necessária aos modais aéreo e rodoviário.
- Descongestionamento dos principais eixos de transporte.

Experiência norte-americana: Expresso Acela

A estatal Amtrak é a principal operadora de trens ferroviários de passageiros em 46 estados norte-americanos. Fundada em 1º de maio de 1970, conecta 500 diferentes destinos através de 33.800km de trilhos. O sistema Amtrak não atende aos estados Alasca, Havaí, Maine, Dakota do Sul e Wyoming, conforme a Figura 1.

O Corredor Nordeste de ferrovias dos Estados Unidos é um dos eixos de transporte mais importante e rentável desse país, conectando Nova York e Boston à capital federal Washington, DC. Em 2009, cerca de 11 milhões de viagens foram realizadas entre os grandes centros urbanos dessa região.

O único sistema TAV nesse país é operado pela Acela, subsidiária da Amtrak. O Expresso Acela realiza viagens de ida e volta entre Washington e Boston com duração de 6h37min, percorrendo 735km com velocidade média de 110km/h. No percurso Washington a Nova York, o Expresso Acela desenvolve velocidade de até 240km/h em alguns trechos, sendo as viagens realizadas com duração média de 2h45min.

O Expresso Acela foi desenvolvido pela empresa francesa Alstom em parceria com o grupo canadense Bombardier, fabricante de aviões. O projeto é baseado na tecnologia francesa TGV com adaptações para atendimento das normas do governo norte-americano, especialmente a segurança em colisões. Cada locomotiva possui quatro motores de tração elétrica com potência total de 6.000hp, alimentados por corrente alternada de

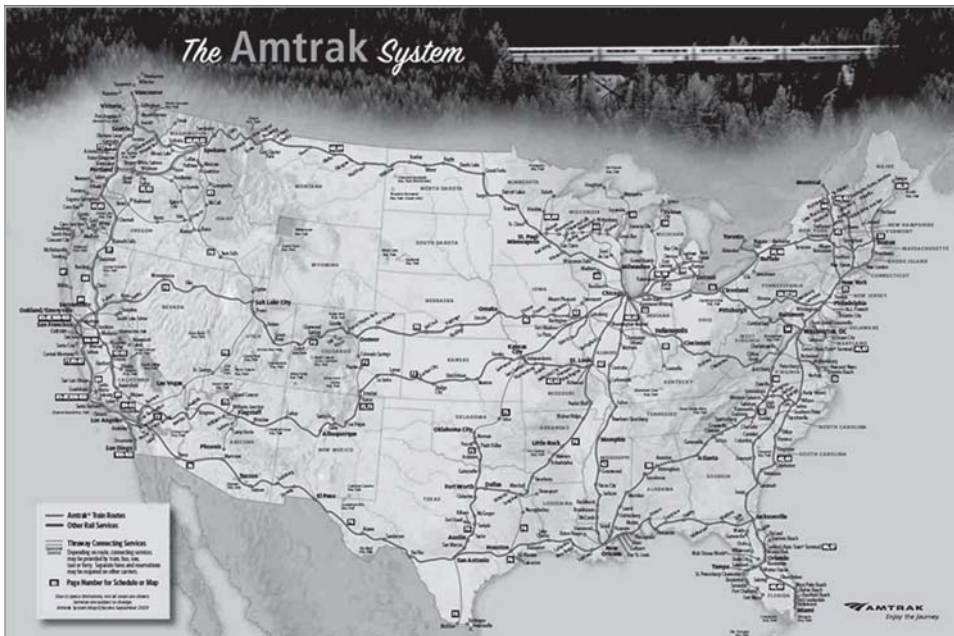


Figura 1 – Sistema Amtrak destacado na cor vermelha (Amtrak, 2010)



Figura 2 – Rota do Expresso Acela entre Boston e Washington, DC (Wikipedia, 2010)



Figura 3 – Expresso Acela na Estação New Haven, Connecticut (Amtrak, 2010)

11 mil volts nas linhas eletrificadas. Os Estados Unidos enfrentaram diversos problemas para desenvolver e consolidar o sistema de TAVs, apesar de possuírem grande capacidade tecnológica e a maior rede ferroviária do mundo.

O *Northeast Corridor Improvement Project (NECIP)* – Projeto de Melhoria do Corredor Nordeste – foi apresentado em 1971 para remodelar 735km de ligação ferroviária entre Washington, Nova York e Boston. O objetivo almejado era percorrer o trecho Washington-Nova York em 2h40min e o Nova York-Boston em 3h40min. O projeto consistiu na renovação da via e introdução de comboios pendulares – ida e volta num único sentido – ao custo estimado em 460 milhões de dólares. Caso fosse bem-sucedido, o projeto impactaria sensivelmente o sistema de transportes o suficiente para remodelar outros corredores de transporte ferroviário de passageiros (SEHRS, 1999).

Em 1976, o Congresso norte-americano aprovou dotação orçamentária de 1,6 bilhão de dólares. O valor desse investimento incluía instalação de trilhos com solda contínua, substituição de dormentes de madeira por dormentes de concreto, realocação ou recuperação de pontes, ampliação de túneis, realinhamento de curvas para tráfego de comboios em alta velocidade e modernização do sistema elétrico de distribuição. Os trabalhos iniciaram-se em 1978.

Em 1979, o relatório do órgão controlador do NECIP apontou orçamento insuficiente e atraso significativo em

praticamente todas as metas do projeto, especialmente na ligação New Haven a Boston. Para concluir o projeto foi necessário aportar mais 1 bilhão de dólares, sendo o fundo aprovado pelo Congresso dos EUA. A responsabilidade do projeto foi transferida da Federal Railroad Administration (FRA) para a estatal Amtrak.

Após a conclusão das obras em 1986, os tempos de viagem entre Washington e Nova York e entre Nova York e Boston tinham sido reduzidos, respectivamente, para 2h36min e 3h57min. A FRA avaliou o programa NECIP concluído, embora muitas intervenções estivessem incompletas por insuficiência de orçamento, especialmente a eletrificação no trecho New Haven a Boston.

Em 1990, estudo técnico encomendado pelos governadores dos estados do Nordeste concluiu ser possível reduzir o tempo da viagem entre Nova York e Boston para 3h. O Congresso dos EUA aprovou fundos federais totalizando 2,4 bilhões de dólares para eletrificação das linhas no trecho New Haven a Boston, melhoria de interligações e de terminais para tráfego em alta velocidade, reforço de pontes, modernização da sinalização e aquisição de 20 comboios elétricos TAV Expresso Acela.

A partir de 2000 o Expresso Acela começou a operar reduzindo o tempo de viagem do trecho Nova York a Boston para 3h, com serviço horário, e no trecho Nova York a Washington para 5h40min, com duas partidas a cada hora. Finalmente a performance nesses dois trechos alcançou nível equivalente de operacionalidade.

Relatório do *Government Accountability Office (GAO)* divulgado em 2004 sobre o projeto foi arrasador em relação aos custos. O investimento no Corredor Nordeste totalizou 5 bilhões de dólares (onze vezes mais caro do que a primeira estimativa, a preços correntes), absorvendo 75% do financiamento federal para renovação da rede ferroviária nacional no período 1990-2005.

Em 2009, o Expresso Acela (Washington-NY e NY-Boston) transportou 3 milhões de passageiros, com receita anual igual a US\$ 409,2 milhões. No Corredor Nordeste, a Acela responde por 30,4% do total de passageiros e por 48,6% da receita da Amtrak, conforme relatório da companhia (Amtrak, 2009). O Expresso Acela também é competitivo em relação ao modal aéreo, detendo 37% do mercado de passageiros atendidos por trens

e aviões. Apesar do sucesso do Expresso Acela, a experiência do Corredor Nordeste foi desestimulante para novos investimentos na modernização da rede ferroviária de passageiros nos EUA, especialmente a construção das redes de alta velocidade.

Experiência europeia: supremacia tecnológica sobre trilhos

Na Europa, a primeira ferrovia de alta velocidade surgiu na Itália em 1978, em pequeno trecho da linha Roma a Florença. A primeira linha europeia de alta velocidade em pleno funcionamento foi a linha Paris-Lyon, aberta em 1981.

Depois da crise mundial do petróleo em 1973, a França intensificou o investimento no projeto TGV (*Train à Grande Vitesse*) – Trem de Alta Velocidade – para operar em linhas eletrificadas especiais conhecidas como LGV (*Ligne à Grande Vitesse*), tensão de 25 mil volts em corrente alternada. A energia elétrica provém das novas centrais nucleares nesse país.

O TGV é um símbolo nacional da França, marca registrada da SNCF (*Société Nationale des Chemins de Fer Français*), empresa pública de transporte ferroviário francesa. Desenvolve velocidade máxima de 320km/h nas linhas mais recentes e também opera em linhas convencionais a velocidades menores.

O TGV foi desenvolvido pelo grupo francês Alstom, sendo continuamente aperfeiçoado. Várias novas tecnologias foram introduzidas no TGV para dissipar a enorme energia cinética do comboio a alta velocidade, aerodinâmica e sinalização, articulação livre entre os carros. O formato distinto do nariz e o elegante acabamento interno dos comboios foram desenhados pelo francês Jacques Cooper, servindo de base para todos os modelos posteriores do TGV.

As LGVs são construídas com alinhamento muito preciso, por meio da estabilização profunda das camadas de solo e fixação dos trilhos em dormentes de concreto. As curvas das LGVs possuem raio de curvatura superior a 4km, maior do que nas ferrovias convencionais, para evitar acréscimo da aceleração centrípeta perceptível pelos passageiros. Novas linhas estão sendo projetadas com

raio de curvatura de até 7km, permitindo aumentar a velocidade do TGV.

Há trechos das LGVs com rampas inclinadas entre 3,5% e 4,0%, devido à maior quantidade de movimento (produto da massa pela velocidade) do TGV. Gradientes maiores permitem reduzir custos com movimentos de terra, obras de arte e escavação de túneis. O diâmetro dos túneis é maior do que nas ferrovias convencionais devido aos efeitos de mudança da pressão do ar para altas velocidades.

O serviço TGV abriu ao público entre Paris e Lyon em 27 de setembro de 1981, sendo utilizado principalmente por executivos que viajavam entre essas cidades. Tornou-se popular por ser mais rápido do que os comboios ferroviários normais, modais rodoviário e aéreo. Foi o segundo serviço comercial do mundo em alta velocidade, sendo o primeiro estabelecido em 1964 pelo trem japonês Shinkansen que interliga Tóquio a Osaka.



Figura 4 – TGV na linha LGV Nord-Europe, 1994 (Enciclopédia, 2010)

Até 28 de novembro de 2003, o TGV acumulou 1 bilhão de passageiros, o segundo maior volume de transporte em TAVs. O recorde mundial foi conquistado pelo Shinkansen, totalizando 5 bilhões de passageiros nesse ano. Em 2008, o sistema de TGVs na Europa transportou 128 milhões de passageiros, sendo 98 milhões somente na França (SNCF, 2009).

O recorde de tempo para grandes trajetos foi estabelecido pelo comboio TGV viajando de Calais para Marselha,

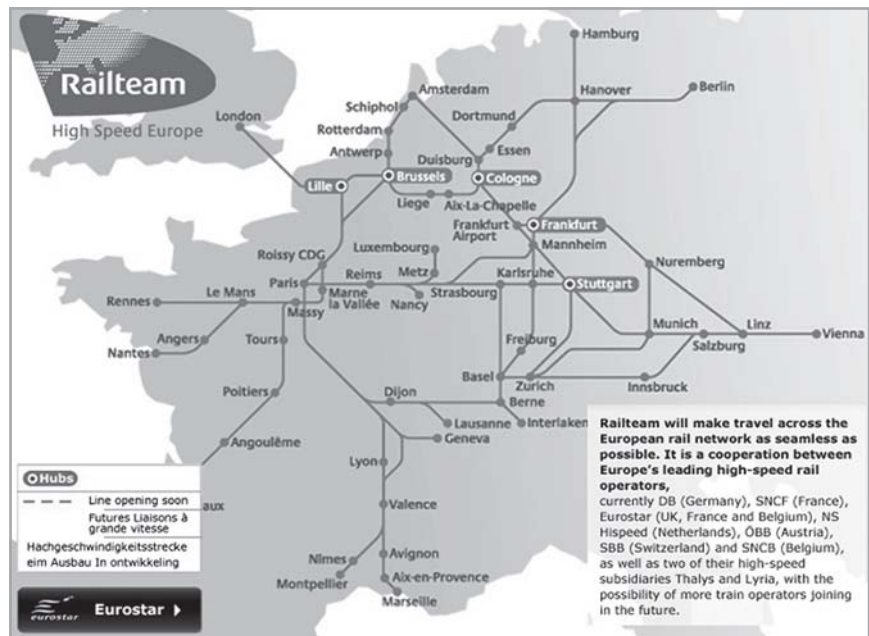


Figura 5 – Linhas ferroviárias de alta velocidade na Europa (Eurostar, 2010)

percorrendo 1.067km em 3h29min – velocidade média de 306km/h –, na inauguração da LGV Méditerranée em 26 de maio de 2001. O TGV detém o recorde mundial de velocidade dos trens com rodas sobre trilhos. Em abril de 2007, a composição experimental V150 atingiu a veloci-



Figura 6 – TGV Eurostar na estação St. Pancras, Londres (Eurostar/SNCF, 2010)

dade máxima de 574,8km/h, próximo a Le Chemin, LGV Paris-Estrasburgo. Comparativamente, o comboio experimental Shinkansen JR-Maglev MLX01 alcançou 582km/h, mas utilizando levitação magnética sobre trilhos.

O TGV interliga 200 destinos na França, Grã-Bretanha, Bélgica e Alemanha. Desde 1994, o Expresso Eurostar opera o TGV na LGV Nord-Europe Paris a Londres, versão especialmente projetada para atravessar o fundo do Canal da Mancha pelo Eurotúnel e trafegar no Reino

Unido. O Eurotúnel é o segundo maior túnel ferroviário submarino do mundo com 50,5km. O tempo de viagem do TGV nesse percurso com 495km é de 2h10min, desenvolvendo velocidade média de 228km/h.

Conforme a *International Union of Railways (UIC)* – União Internacional de Ferrovias – na Europa há 5.821 km de linhas férreas de alta velocidade em operação; estão em construção 3.256km de ferrovias de alta velocidade e 8.501km foram planejados para entrar em operação no período 2013-2025. O Quadro 1 resume o levantamento das ferrovias de alta velocidade na Europa, trechos e linhas com velocidade igual ou superior a 250km/h.

Em relação aos Estados Unidos, os europeus operam malha ferroviária de alta velocidade oito vezes maior em extensão e TAVs com desempenho superior a 250km/h. O volume anual de passageiros transportado pelo TGV na Europa é 42 vezes maior do que o Expresso Acela nos Estados Unidos. A tecnologia europeia de TAVs sobre trilhos está consolidada, notadamente o bem-sucedido projeto francês TGV.

Quadro 1 – Ferrovias de Alta Velocidade na Europa (UIC, 2009)

País	Em operação	Em construção	Planejado (2013-25)
Alemanha	1.285	378	670
Bélgica	173	36	–
Espanha	1.599	2.219	1.702
França	1.872	299	2.616
Itália	744	132	395
Países Baixos	–	120	–
Polônia	–	–	712
Portugal	–	–	1.006
Reino Unido	113	–	–
Rússia	–	–	650
Suécia	–	–	750
Suíça	35	72	–
TOTAL EUROPA	5.821	3.256	8.501
TOTAL EUROPA 2025	–	–	17.578

Referências bibliográficas

- BRASIL. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Trem de Alta Velocidade. Brasília: Agência Nacional de Transportes Terrestres, 2010. Disponível em: < <http://www.tavbrasil.gov.br> >.
- AMTRAK. Amtrak's Northeast Corridor: Facts and Background Information. USA: Amtrak Government Affairs, Feb. 2009. Disponível em: < <http://www.amtrak.com> >
- AMTRAK. Amtrak Posts Second-Best Ridership in History. USA: Amtrak News Release ATK-09-074, Oct. 2009.
- ENCICLOPÉDIA. Mundo do TGV. Portugal: 2006. Disponível em: < http://www.encyclopedia.com.pt/articles.php?article_id=564 >
- EUROSTAR. Travel to Europe. Europe: Eurostar, 2010. Disponível em: < <http://www.eurostar.com/UK/uk/leisure/destinations.jsp> >
- PORTUGAL. REDE FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE. A Alta Velocidade no Mundo. Portugal: RAVE, mai. 2008. Disponível em: < <http://www.sehsr.org/reports> >
- SEHSR. The Northeast: Twenty Years of High Speed Rail. USA: Southeast High Speed Rail, 1999. Disponível em: <<http://www.sehsr.org/reports> >
- SNCF. Dossier de Presse / Jeudi: Bilan de l'année 2008 – Perspectives 2009. France: SNCF, Fev. 2009.
- UIC. INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS. High Speed Lines in the Wolrd. Europe: UIC, jul. 2009.



Construindo seu caminho para a modernidade.

As Usinas de Asfalto e Centrais de Concreto IXON Road Building foram desenvolvidas com modernas ferramentas de computação e modelamentos matemáticos, oferecendo um real e significativo diferencial na preparação de misturas asfálticas e de concreto, elevando a capacidade de produção e o nível de qualidade.

Usinas de Asfalto Móveis e Fixas

Centrais de Concreto



Qualitec Ind. e Com. Ltda
 Rua Ijuí, 70 | Santa Rosa | RS
 CEP 98900-000 | Fone: (55) 3512.6654
 comercial@ixon.ind.br | www.ixon.ind.br

ESTAMOS SELECIONANDO REPRESENTANTES.

Empresa Certificada:



ISO 9001:2000
 FM 541278



Há 50 anos...

Trecho da Rodovia BR-11 Macaíba-Santa Cruz – RN,
construída em 1954.