

R\$14,00

REVISTA

PAVIMENTAÇÃO

Associação Brasileira de Pavimentação



ANO I - Janeiro, 2006 - www.abpv.org.br - ISSN 1809-1865

SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

- **ECOLOGICAMENTE CORRETA** 9
- **PROCESSO DE ASPERSÃO A FRIO, CONTROLE DE QUALIDADE DAS VIAS DE SERVIÇOS E SEGURANÇA DO USUÁRIO DO SISTEMA VIÁRIO** 42



31 ANOS DA PONTE RIO-NITERÓI
UMA OBRA QUE DIGNIFICA A ENGENHARIA BRASILEIRA

**DIRETORIA DA ABPV
TRIÊNIO 2004/2007**

DIRETOR PRESIDENTE:

Eng.º Eduardo Alberto Ricci

VICE-PRESIDENTE:

Eng.º Jorge Paulo Moro

DIRETOR ADMINISTRATIVO:

Eng.ª Laura Maria Goretti da Motta

DIRETOR TÉCNICO:

Cel. Eng.º Paulo Roberto Dias Morales

DIRETOR FINANCEIRO:

Eng.º Silvio Rodrigues Filho

DIRETOR DE DIVULGAÇÃO:

Eng.º Ronaldo Vizzoni

ASSESSORA DA DIRETORIA:

Arq^{ta}. Georgina Libório Azevedo

CONSELHO DELIBERATIVO

ENG.º ALBINO PEREIRA MARTINS

ENG.º ALDYSIO GURGEL DO A. FILHO

ENG.º ÁLVARO PITTA

ENG.º ANTÔNIO FORTUNATO MARCON

ENG.º ANTÔNIO JOSÉ DE VASCONCELOS

ENG.º CARLOS A. MARCOS PASCOAL

ENG.º EDUARDO ALBERTO RICCI

ENG.º EDUARDO BARBOSA CORDEIRO

ENG.º EDIMILSON TAVARES LEMOS

ENG.ª ELIANE ZARUR

ARQ^{TA}. GEORGINA LIBÓRIO AZEVEDO

ENG.º JACQUES DE MEDINA

ENG.º JOÃO BATISTA RODRIGUES

ENG.º JOÃO MENESCAL FABRÍCIO

ENG.º JOEL CARLOS MOIZINHO

ENG.º JORGE EDUARDO SALATHÉ

ENG.ª LAURA MARIA GORETTI DA MOTTA

ENG.ª LUCIANA NOGUEIRA DANTAS

ENG.º LUIZ EDUARDO LACERDA DOS SANTOS

ENG.º MARIO HENRIQUE FURTADO ANDRADE

ENG.º NILTON DE SOUZA CAMPELO

ENG.º OTACÍLIO A. DE FRANÇA JR.

ENG.º OZÉAS NUNES AMORIM

ENG.º PAULO ROBERTO FARIA FERRER

ENG.º PAULO ROMEU ASSUNÇÃO GONTIJO

ENG.º PAULO SÉRGIO F. DO NASCIMENTO

ENG.º SAMUEL HANTHEQUESTE CARDOSO

ENG.º WALTER CANALES SANT´ANA

CONSELHO FISCAL

SÓCIOS INDIVIDUAIS :

ENG.º ATAHUALPA SCHMITZ DA SILVA PREGO

ENG.º JORGE EDUARDO SALATHÉ

SÓCIOS COLETIVOS:

ENG.º JOÃO MENESCAL FABRÍCIO - ECL

ENG.º ALBINO PEREIRA MARTINS - ENGESUR

REVISTA PAVIMENTAÇÃO

Volume 3

ANO I - N.º 01 - JANEIRO, 2006

ISSN 1809-1865

www.abpv.org.br

A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO, voltada exclusivamente para a tecnologia e pavimentação de rodovias, aeroportos e vias urbanas, tem atuação em todo o território brasileiro, congregando cerca de 2.000 associados, profissionais que atuam na área de planejamento urbano, engenheiros, arquitetos, geólogos, pesquisadores, estudantes e profissionais da área de pavimentação.

Fundada em 15/09/1959, completará 47 anos de efetivas e importantes realizações, em busca de seu objetivo estatutário.

Realiza anualmente vários eventos que reúnem técnicos do país e do exterior, os quais apresentam trabalhos, que são discutidos no sentido de alcançar a melhor e mais atual tecnologia.

Principais realizações nacionais:

- 1960 - Curso de Pavimentação - Manaus/AM
- 1960 - 1.ª Reunião Anual de Pavimentação - Rio de Janeiro/RJ
- 1961 - Curso de Pavimentação - Belém/PA
- 1961 - 2.ª Reunião Anual de Pavimentação - Rio de Janeiro/RJ
- 1962 - Ciclo de Conferências - Manaus/AM
- 1962 - 3.ª Reunião Anual de Pavimentação - Rio de Janeiro/RJ
- 1963 - 4.ª Reunião Anual de Pavimentação - Rio de Janeiro/RJ
- 1964 - 5.ª Reunião Anual de Pavimentação - Rio de Janeiro/RJ
- 1965 - 6.ª Reunião Anual de Pavimentação - Rio de Janeiro/RJ
- 1966 - 7.ª Reunião Anual de Pavimentação - Curitiba/PR
- 1967 - 8.ª Reunião Anual de Pavimentação - Recife/PE
- 1968 - 9.ª Reunião Anual de Pavimentação - Porto Alegre/RS
- 1969 - 10.ª Reunião Anual de Pavimentação - Salvador/BA
- 1970 - 11.ª Reunião Anual de Pavimentação - Campinas/SP
- 1971 - 12.ª Reunião Anual de Pavimentação - Florianópolis/SC
- 1977 - 13.ª Reunião Anual de Pavimentação - Curitiba/PR
- 1978 - 14.ª Reunião Anual de Pavimentação - João Pessoa/PB
- 1980 - 15.ª Reunião Anual de Pavimentação - Belo Horizonte/MG
- 1981 - 16.ª Reunião Anual de Pavimentação - Recife/PE
- 1982 - 17.ª Reunião Anual de Pavimentação - Brasília/DF
- 1983 - 18.ª Reunião Anual de Pavimentação - Porto Alegre/RS
- 1984 - 19.ª Reunião Anual de Pavimentação - Rio de Janeiro/RJ
- 1985 - 20.ª Reunião Anual de Pavimentação - Fortaleza/CE
- 1986 - 21.ª Reunião Anual de Pavimentação - Salvador/BA
- 1987 - 22.ª Reunião Anual de Pavimentação - Maceió/AL
- 1988 - 23.ª Reunião Anual de Pavimentação - Florianópolis/SC
- 1990 - 24.ª Reunião Anual de Pavimentação - Belém/PA
- 1991 - 25.ª Reunião Anual de Pavimentação - São Paulo/SP
- 1992 - 26.ª Reunião Anual de Pavimentação - Aracaju/SE
- 1993 - 27.ª Reunião Anual de Pavimentação - Teresina/PI
- 1994 - 28.ª Reunião Anual de Pavimentação - Belo Horizonte/MG
- 1995 - 29.ª Reunião Anual de Pavimentação - Cuiabá/MT
- 1996 - 30.ª Reunião Anual de Pavimentação - Salvador/BA
- 1998 - 31.ª Reunião Anual de Pavimentação - São Paulo/SP
- 2000 - 32.ª Reunião Anual de Pavimentação - Brasília, DF
- 2001 - 33.ª Reunião Anual de Pavimentação - Florianópolis, SC
- 2003 - 34.ª Reunião Anual de Pavimentação - Campinas, SP
- 2004 - 35.ª Reunião Anual de Pavimentação - Rio de Janeiro, RJ
- 2005 - 36.ª Reunião Anual de Pavimentação - Curitiba, PR

Reuniões de Pavimentação Urbana:

- 1978 - 1.ª Reunião de Pavimentação Urbana - São Paulo/SP
- 1980 - 2.ª Reunião de Pavimentação Urbana - Cornélio Procopio/PR
- 1988 - 3.ª Reunião de Pavimentação Urbana - São Paulo/SP
- 1993 - 4.ª Reunião de Pavimentação Urbana - Maceió/AL
- 1994 - 5.ª Reunião de Pavimentação Urbana - Natal/RN
- 1995 - 6.ª Reunião de Pavimentação Urbana - Santos/SP
- 1996 - 7.ª Reunião de Pavimentação Urbana - S. José dos Campos/SP
- 1997 - 8.ª Reunião de Pavimentação Urbana - São Carlos/SP
- 1998 - 9.ª Reunião de Pavimentação Urbana - Vitória/ES
- 2000 - 10.ª Reunião de Pavimentação Urbana - Uberlândia, MG
- 2002 - 11.ª Reunião de Pavimentação Urbana - Porto Alegre, RS
- 2003 - 12.ª Reunião de Pavimentação Urbana - Aracaju, SE

Eventos Internacionais:

- 1979 - 1.º Simpósio Internacional de Avaliação de Pavimentos e Projeto de Reforço, Rio de Janeiro, RJ;
- 1989 - 2.º Simpósio Internacional de Avaliação de Pavimentos e Projeto de Reforço, Rio de Janeiro, RJ;
- 1997 - I SINBATRA - 1.º Simpósio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo Volume de Tráfego, Rio de Janeiro/RJ;
- 1999 - 3.º Simpósio Internacional de Avaliação de Pavimentos e Projetos de Reforço - 3.º SINAPPRE, Belém, PA;
- 2003 - International Conference Airports: Planning, Infrastructure & Environment, Rio de Janeiro, RJ;
- 2005 - Simpósio Internacional de Reciclagem de Pavimentos, São Paulo, SP.

REVISTA PAVIMENTAÇÃO

ANO I - N.º 01 - JANEIRO, 2006

www.abpv.org.br

Revista de circulação trimestral, editada pela ABPv, organização técnico-científica, sem fins lucrativos. Publicação dirigida aos associados, empresas públicas e privadas, instituições acadêmicas, centros de pesquisas e entidades correlatas.

EXPEDIENTE

CONSELHO EDITORIAL

Diretoria da ABPv

COORDENAÇÃO GERAL

Arq.^{ta} Georgina Libório Azevedo
E-mail: georgina@abpv.org.br

JORNALISTA RESPONSÁVEL

Jean Pierre M. Santiago

REDAÇÃO

Jean Pierre M. Santiago
E-mail: redacao@abpv.org.br

REVISÃO

Jean Pierre M. Santiago

PROJETO GRÁFICO:

Elizabeth Vilar Pascoal Andrade

PUBLICIDADE

ABPv

IMPRESSÃO

Gráfica Via7

TIRAGEM

1.000 exemplares

CIRCULAÇÃO

trimestral

EDITADA PELA ABPv

FOTOGRAFIAS

Eng.^o Hélio Antonio Moreira
Eng.^o João Virgílio Merighi
Sérgio Murilo
Ponte S.A.

Toda correspondência, pedido de assinatura e exemplares avulsos:

Rua Miguel Couto, 105 sobrelojas 204 e 205
20070-030 - Rio de Janeiro - RJ

abpv@abpv.org.br Tel.: 21-2233-2020/ 2263-5794 Fax.: 21-2233-0709

COMITÊ TÉCNICO-CIENTÍFICO

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

ÍNDICE

- Diretoria/Conselho Fiscal/ Conselho Deliberativo	1
- Histórico dos eventos da ABPv	2
- Apresentação	3
- Comitê Técnico-Científico	4
- Editorial	6
- Homenagens Póstumas	7
- Galeria Appius Claudius	8
- Sinalização Horizontal Ecologicamente Correta	9
- Trabalhos selecionados na 12. ^a RPU	11
- A Consolidação do Cadastro Viário para o Sistema de Gerência de Pavimentos do Município de Porto.	12
- Pintura Horizontal a Frio de Vias Urbanas em Cidades de Médio e Pequeno Porte: Materiais Execução e Controle	42
- Influência da Estabilização Química - Mecânica no Comportamento de Solos Finos Compactados	59
- Restauração da Avenida Trancredo Neves	77
- Análise Laboratorial de Concretos Asfálticos Drenantes com Uso de Agregados Calcários.	100
- 31 Anos da Ponte Rio-Niterói	112
- 13. ^a RPU - Reunião de Pavimentação Urbana, Abril/2006 em Maceió-AL	113
- 37. ^a RAPv - Agosto, 2006 em Goiânia.	114
- Relação dos Melhores Trabalhos da 35. ^a RAPv - Reunião Anual de Pavimentação	115
- Relação dos Melhores Trabalhos do Simpósio Internacional de Reciclagem de Pavimentos	116
- Relação dos Melhores Trabalhos da 36. ^a RAPv - Reunião Anual de Pavimentação	117
- Parceria ABPv - Centro Universitário Moura Lacerda	118
- 2. ^a Edição do livro Mecânica dos Pavimentos	120

Diretoria da ABPv
Associação Brasileira de
Pavimentação

TRIÊNIO 2004/2007

PRESIDENTE:
Eng.º Eduardo Alberto Ricci

VICE-PRESIDENTE:
Eng.º Jorge Paulo Moro

DIRETOR ADMINISTRATIVO:
Eng.ª Laura Mª Goretti da Motta

DIRETOR TÉCNICO:
Cel. Eng.º Paulo Roberto D. Moraes

DIRETOR FINANCEIRO:
Eng.º Silvio Rodrigues Filho

DIRETOR DE DIVULGAÇÃO:
Eng.º Ronaldo Vizzoni

ASSESSORA DA DIRETORIA:
Arqª. Georgina L. Azevedo

Site da RAPv

www.rapv.org.br

Site da RPU

www.rpu.org.br

Nesta edição:

Homenagens Póstumas	7
Galeria <i>Appius Claudius</i>	8
Sinalização Horizontal Ecologicamente Correta	9
12ª RPU—Artigos	11
Homenagem à Ponte Rio-Niterói	112
13ª RPU	113
37ª RAPv	114
Melhores Trabalhos:	
35ª RAPv	115
Simp. Int'l de Reciclagem de Pavimentos	116
36ª RAPv	117



Revista PAVIMENTAÇÃO

Editorial

Colocamos os pés na estrada. Após grande esforço de equipe que, uma vez mais rompe barreiras em prol da pavimentação brasileira, apresentamos a edição primeira da Revista PAVIMENTAÇÃO, tendo como objetivo principal mostrar os avanços da tecnologia que envolve estruturas de pavimentos rígidos e flexíveis. E como escopo técnico a primazia pelo pavimento durável: o que afeta o desempenho de um pavimento; os materiais usados de acordo com as especificações; o projeto estrutural; o meio ambiente onde é implantado e o controle de qualidade.

O ambiente como elemento de grande influência no desempenho do pavimento adotado, decorrente das particularidades locais, os materiais envolvidos, o tráfego e suas respectivas cargas e o custo final do empreendimento, envolvendo custo inicial de implantação, custo do usuário e custo de restauração e manutenção, ao longo de seu ciclo de vida útil, serão temas dos trabalhos a serem publicados nas edições posteriores. Com isso, visamos inclusive, subsídios a parcerias Público Privadas dentro da nova visão da ABPv, no sentido de fazer parte do contexto decisório do País, congregando engenheiros de renome, especializados em pavimentação.

Esta é a meta a ser perseguida para manter informado das alternativas o nosso público alvo e obter, dessa forma, o seu *feedback*.

Entrevistas com pesquisadores de instituições acadêmicas, autoridades governamentais, empresas privadas que atuam na área serão também objetos da Revista PAVIMENTAÇÃO, com ênfase na situação das rodovias no Brasil e no exterior.

De 04 a 07 de novembro de 2003 foi realizada, em Aracaju, a 12.ª Reunião de Pavimentação Urbana. Os trabalhos lá apresentados foram de alto nível e muito contribuíram para o desenvolvimento das novas técnicas em pavimentação urbana. O que resultou várias vezes em debates técnicos muito auspiciosos mantendo a tradição da ABPv de reunir especialistas da engenharia de pavimentação e promover o intercâmbio entre instituições e troca de idéias entre gerações.

Nesta edição inaugural apresentamos 5 trabalhos que foram selecionados na 12.ª RPU. Citamos também trabalhos premiados em outros eventos, os quais poderão ser publicados em edição oportuna ou disponibilizados no site da ABPv.

No ensejo desta publicação também rendemos uma singela homenagem àqueles que sempre colaboraram com a pavimentação no Brasil e que hoje não se encontram mais entre nós. Homenagem póstuma aos homens que fortaleceram a ABPv e continuam a fortalecê-la pelo seu legado: Márcio Rocha Pitta, Mario Kabalem Restom e Paulo Nunes da Silva.

Os ex-presidentes também não poderiam deixar de ser homenageados nessa 1ª edição da Revista PAVIMENTAÇÃO. Para eles abrimos o espaço Galeria *Appius Claudius*.

Eis, portanto, o nosso desafio. A Revista PAVIMENTAÇÃO é trimestral e espera preencher a lacuna na área de publicações especializadas em pavimentação, contribuindo com o que há de mais atual neste segmento.

● Engenheiro Mario Kabalem Restom

(1924 - 2005) Sócio N.º 2



Como primeira homenagem dirigimos ao caríssimo amigo, sócio, membro da nossa Diretoria, um dos sócios fundadores e ex-Secretário Executivo da Associação, função desempenhada por muito anos, Eng.º Kabalem, que faleceu no dia 14 de maio de 2005 no Rio de Janeiro.

Sua participação, sempre construtiva na Diretoria, deixa saudade em todos seus colegas e amigos do meio da pavimentação.

A homenagem do Prof. Jacques de Medina ao Eng.º Mario foi publicada em nosso Boletim Informativo n.º 175, assim como o discurso proferido por D. Vera Cruz

Garcia Restom na realização da 36.ª RAPv em Curitiba, em agosto de 2005. Para lê-los acesse o site da ABPv, seção Notícias em:

(<http://www.abpv.org.br>).

Eng.º Mario é merecedor dos nossos agradecimentos pelos 46 anos de existência da ABPv. A marca de sua personalidade permanece e ainda remete às atuais necessidades de nosso país.

● Engenheiro Márcio Rocha Pitta

(1946-2005) Sócio N.º 1953



Outra homenagem, rendemos ao Eng.º Márcio Rocha Pitta, que faleceu no dia 10 de março de 2005, em João Pessoa, aos 58 anos. Integrante da Diretoria da ABPv de 1998 a 2004, Representante da RR-ABPv/SP e Funcionário de carreira da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) - onde iniciou em 1969 e ocupou diversos cargos de chefia, era reconhecidamente uma referência nacional em pavimentação, posição que o colocava também como

autoridade internacional nessa área.

Homem culto, poliglota e apreciador de música clássica, conduziu a formação e a especialização de centenas de engenheiros. Foi professor de cursos de solo-cimento e pavimentos (rígidos, industriais e de concreto rolado) na ABCP e em diversas outras instituições, tais como Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Escola Nacional de Engenharia da URFJ, Instituto de Engenharia de São Paulo e USP. Foi também conferencista,

consultor e projetista de obras de pavimentação em vários países da América Latina e da África.

Sócio-fundador do Instituto Brasileiro do Concreto (Ibracon), o engenheiro recebeu daquele instituto, em 2001, o Prêmio "Argos Menna Barreto", por trabalhos na área da construção de pavimentos de concreto. Entre tantas atividades técnicas, integrou o Comitê de Atividades Internacionais do American Concrete Institute (ACI).

● Engenheiro Paulo Nunes da Silva

(1939 - 2004) Sócio N.º 2844



A ABPv presta homenagem ao amigo, sócio, representante regional do Estado do Pará e membro da nossa Diretoria por 12 anos consecutivos, Eng.º Paulo Nunes da Silva, que faleceu no

dia 13 de novembro de 2004, em Belém.

Participou ativamente na Diretoria e atuou na organização de eventos da ABPv em seu Estado. Deixa em todos nós,

seus colegas, amigos do meio da pavimentação, aos da Secretaria de Transportes do PA- SETRAN onde era Diretor do 7.º Núcleo Regional, grande saudade.

GALERIA APPIUS CLAUDIUS - Os Presidentes da ABPv



**Eng.º Mario Kabalem
Restom**

1959 - 1960 / 1964 - 1965/
1976 - 1977/ 1977 - 1979/
1979 - 1981/ 1981 - 1982/
1998 - 1999



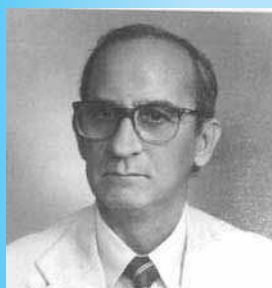
Eng.º Jacques de Medina

1960 - 1961
de 07 a 11/1967



**Eng.º Ozéas Nunes
Amorim**

1961 - 1962
1963 - 1964



**Eng.º Edimilson Tavares
Lemos**

1962 - 1963



**Eng.º Raimundo Ísalo
Vieira**

1965 - 1966
1966 a 6/1967



Eng.º Benjamin Fraenkel

11/1967 a 7/1968
1968 - 1969
1969 - 1970



**Eng.º Máximo Francisco
Cardoso da Silva**

1970 - 1971
1971 - 1976



**Eng.º Eduardo Barbosa
Cordeiro**

1982 - 1983



**Eng.º Galileo Antenor de
Araújo**

1983 - 1985



**Eng.º Paulo Romeu
Assunção Gontijo**

1985 - 1987
1987 - 1989
1989 - 1991
1991 - 1993



**Eng.º Samuel Hanthe-
queste Cardoso**

1994 - 1995
1996 - 1997



**Eng.º Eduardo Alberto
Ricci**

2000 - 2001
2002- 2004
2004 - 2007

SINALIZAÇÃO HORIZONTAL ECOLOGICAMENTE CORRETA

Eng.º Hélio Antonio Moreira

Diretor da INDUTIL e Superintendente do Comitê Brasileiro - CB 16 da ABNT

INTRODUÇÃO

A tinta para demarcação viária à base de água iniciou sua trajetória no mercado em 1988, nos Estados Unidos, para atender algumas normas ambientais, como redução de poluição (VOC) e resíduos não perigosos e não agressivos. A exigência ambiental, em um ambiente político que começava a preocupar-se com tais questões, foi um ponto inicial determinante para o desenvolvimento desta tecnologia. Entretanto, à medida que o sistema entrou em utilização, rapidamente notou-se outros diferenciais importantes em relação às tintas à base de solvente: maior durabilidade e *performance*, associadas aos custos de aplicação resultou em sistemas mais econômicos. Essas constatações levaram a uma revisão das políticas adotadas em sinalização horizontal. Vários estados americanos reformularam suas decisões sobre os sistemas que deveriam ser utilizados para pintura. Após doze anos, mais de 75% dos estados americanos já possuem uma legislação voltada à aplicação deste tipo de tecnologia e todos os 47 estados americanos praticamente utilizam quase somente a tecnologia à base de água para sinalização de suas vias.

Aliada à legislação ambiental aprovada, a utilização desta tecnologia inovadora apresenta soluções para diversos problemas, quando comparada com as tintas convencionais à base de solvente. Além de representar uma tecnologia ecologicamente correta, ela proporciona economia. A tinta 100%

acrílica à base de água atinge, em geral, uma durabilidade superior à tinta à base de solvente. Resultados comprovados pelo departamento de Transportes da Pensilvânia (EUA), em 1994, mostraram que, mesmo após três anos de aplicação, a tinta 100% acrílica apresentava resultados surpreendentes.

No Brasil, a Indutil começou a pesquisar essa tecnologia em seus laboratórios em 1990, iniciando a sua comercialização em 1996, com a marca ACQUAPLAST. Seu consumo vem crescendo ano a ano e, dos vinte e sete estados brasileiros, incluindo o Distrito Federal, nove tem o seu uso consagrado, três estados estão testando o produto e dois demonstram interesse na sua aplicação.

Durante estes nove anos de aplicação de ACQUAPLAST nas rodovias brasileiras, observa-se que, em média após um ano da aplicação, a tinta acrílica à base de água apresenta níveis de retrorefletância superiores aos níveis apresentados nas tintas à base de solvente, tanto para pavimentos asfálticos quanto para os de concreto. Isto significa maior vida útil e, nesse caso, a economia é grande para o volume de tinta aplicada em manutenção na malha viária. Dados mais recentes mostram que a vida útil de uma tinta acrílica à base de água tem-se estendido por três anos ou mais, dependendo das condições de tráfego da rodovia e de como foi realizada a aplicação.

VANTAGENS

As tintas acrílicas à base de água apresentam as seguintes vantagens:

Ecologicamente correta: baixas taxas de poluentes (VOC - Componentes Orgânicos Voláteis) que reduzem, em média, em 220 kg a emissão de poluição de solvente por tonelada de tinta aplicada.

Resíduos: são polímeros à base de água, o que facilita muito seu destino final.

Manuseio e estocagem: o aplicador manuseia um produto à base de água, o armazém estoca um produto não inflamável e o transportador carrega um produto altamente seguro, ou seja, com uma taxa de risco praticamente zero.

Altos sólidos: proporciona maior rendimento em função de ter 20% a mais de sólidos em volume, quando comparada com as tintas solventes convencionais.

Secagem rápida: permite uma rápida liberação do tráfego. O mecanismo de formação de filme é dado pela ruptura da emulsão, diferenciando-se das tintas convencionais, onde a secagem ocorre por evaporação dos solventes.

Resistência à abrasão: apresenta melhor resistência à abrasão do que as tintas convencionais, proporcionando maior durabilidade.

Retenção de cor: por se tratar de uma resina de acrílico puro, possui uma excelente resistência ao intemperismo (sol e chuva), conservando a sua cor e coesão com melhor contraste em relação ao pavimento (visibilidade diurna).

Retenção de esferas: promove excelente adesão às esferas de vidro, proporcionando um aumento na vida útil da retrorrefletividade (visibilidade noturna).

Fácil limpeza: os equipamentos e embalagens podem ser limpos com água corrente, minimizando custos e riscos.



CUSTO BENEFÍCIO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) normalizou as tintas a serem usadas na sinalização horizontal.

NBR 11862/92 Tinta para sinalização horizontal à base de resina acrílica.

NBR 12935/93 Tintas com resina livre para a sinalização horizontal viária.

NBR 13699/96 Sinalização horizontal viária Tinta à base de resina acrílica emulsionada em água.

Na escolha das tintas a serem utilizadas na sinalização, em geral, opta-se por aquelas de menor preço de aquisição, porém o mais correto seria a comparação de desempenho ao se colocar os produtos em um mesmo trecho de via, ou seja, nas mesmas condições, para se comparar a vida útil relativa entre eles, conforme demonstram os

Quadro 1 - Características básicas das diversas tintas para sinalização horizontal

TIPO DE TINTA (ABNT)	ESPESSURA ÚMIDA (mm)	VIDA ÚTIL ESPERADA (meses)
SOLVENTE (NBR12935)	0,6	12
SOLVENTE (NBR11862)	0,6	18
ÁGUA (NBR13699)	0,5	30

Para uma análise do custo/benefício, anualizando-se os custos com base no quadro 1 e com os valores reais utilizados no Brasil, tem-se os custos em US\$/m² por ano, mostrados no quadro 2.

Quadro 2 - Análise de custo anual das diversas tintas para sinalização horizontal

ESPESSURA (mm)	ESPESSURA (mm)	CUSTO (US\$/m ²)	VIDA ÚTIL (meses)	CUSTO ANUAL (US\$/m ² . ano).
SOLVENTE (NBR 12935)	0,6	4,1	12	4,1
SOLVENTE (NBR 11862)	0,6	5,4	18	3,6
ÁGUA (NBR 13699)	0,5	6,5	30	2,6

CONCLUSÃO

Baseando-se nos dados mencionados é possível concluir que, de modo geral, para a viabilidade econômica do sistema de demarcação, não se deve levar em conta somente o custo inicial. Apesar do custo de aplicação por m² da tinta acrílica ser superior, no caso das tintas à base de água, sua *performance* proporciona um melhor resultado em termos de custo/ benefício.

Trabalhos selecionados na 12.^a RPU para publicação na 1.^a Edição da Revista PAVIMENTAÇÃO

Seguem abaixo relacionados os trabalhos técnicos selecionados na 12.^a RPU, realizada em novembro de 2003, em Aracaju/SE, para a primeira edição da Revista PAVIMENTAÇÃO. Os trabalhos são apresentados na íntegra sendo de responsabilidade do autor a revisão ortográfica.

Nº 23 A Consolidação do Cadastro Viário para o Sistema de Gerência de Pavimentos do Município de Porto Alegre Pág 12

Autores: Eng.^o Edgar Abitante, Eng.^o Francisco de Assis Ferreira, Eng.^o Gilberto Antônio Neumann, Eng.^o Maria Luiza Danieleski e Eng.^o Paulo Roberto Faria Ferrer.

Nº 37 A Pintura Horizontal a Frio de Vias Urbanas em Cidades de Médio e Pequeno Porte: Materiais Execução e Controle Pág 43

Autores: Eng.^o Fernando A. Baptistini Pestana e Eng.^o Cássio Eduardo Lima de Paiva

Nº 52 Influência da Estabilização Química Mecânica no Comportamento de Solos Finos Compactados..... Pág 59

Autores: Eng.^o Anna Karina Chaves Delgado, Eng.^o José Camapum de Carvalho e Eng.^o Fabrício B. F. Cardoso.

Nº 54 Restauração da Avenida Trancredo Neves Pág 77

Autor: Eng.^o Antônio José de Vasconcelos.

Nº 67 Análise Laboratorial de Concretos Asfálticos Drenantes com Uso de Agregados Calcários Pág 100

Autores: Eng.^o Carlos Gustavo Macedo Oliveira, Eng.^o José Camapum de Carvalho, Eng.^o Márcio Muniz de Farias e Eng.^o Paulo Roberto Farias Falcão

ABPv

Há 46 anos promovendo a
técnica da pavimentação.
www.abpv.org.br

A CONSOLIDAÇÃO DO CADASTRO VIÁRIO PARA O SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE

Eng. Edgar Abitante, M.Sc.¹
Eng. Francisco de Assis Ferreira, M.Sc.²
Eng. Gilberto Antônio Neumann³
Eng. Maria Luiza Danieleski, Mestranda⁴
Eng. Paulo Roberto Faria Ferrer⁵

1 Consultor independente, edgar.a@cpovo.net

2 Consórcio Etel-Strata; Strata Engenharia Ltda.

Email: francisco@poiesis.com.br - Telefone: (31) 3335-0667

Endereço: Av. Bias Fortes, 431 - Lourdes - Belo Horizonte/MG CEP 30170-010

3 Consórcio Etel-Strata / Etel Estudos Técnicos Ltda, etelpav@uol.com.br

4 Municipal de Porto Alegre (PMPA) / Secretaria Municipal de Obras e Viação (SMOV)

Email: danieleski@smov.prefpoa.com.br Telefone: (51) 3289-8934 (51) 3289-8931

Endereço: Rua Engenheiro Antônio Carlos de Tibiriçá, 319 - Porto Alegre/RS CEP 90690-040

5 Consórcio Etel-Strata / Etel Estudos Técnicos Ltda, etelferrer@uol.com.br

Resumo

A Prefeitura de Porto Alegre (PMPA), através da Supervisão de Conservação de Vias Urbanas (SCVU) da Secretaria Municipal de Obras e Viação (SMOV), com o apoio da Companhia de Processamento de Dados do Município (PROCEMPA) e da Consultoria do Consórcio ETEL-STRATA, está desenvolvendo e implantando um Sistema de Gerência de Pavimentos, no âmbito de um projeto financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Como uma das primeiras etapas deste projeto formulou-se e detalhou-se uma metodologia para a obtenção de informações básicas sobre a malha viária da cidade, com vistas à montagem do seu cadastro viário. Neste trabalho são descritos diversos aspectos referentes a esta metodologia, incluindo a sua aplicação nos levantamentos de campo que se seguiram na cidade de Porto Alegre. Entre eles destacam-se a amarração dos levantamentos ao Sistema de Informações Geográficas de Porto Alegre (SIGPOA), a qualidade na precisão geométrica e no nível de detalhamento dos arcos viários e suas interseções, a incorporação de informações sobre revestimentos, declividades, e dispositivos de drenagem, entre outros, tendo em vista a aplicação ao gerenciamento dos pavimentos tanto a nível de rede quanto a nível de projeto. Para a aferição e controle da qualidade dos serviços de campo, a metodologia inclui especificações e procedimentos de avaliação e julgamento com base estatística. São apresentados os resultados e conclusões preliminares, obtidos através dos levantamentos já realizados, quanto às características da malha viária da cidade e considerações são feitas tendo em vista a transmissão da experiência adquirida durante os trabalhos.

1 - Introdução

A Prefeitura Municipal de Porto Alegre (PMPA) está desenvolvendo o *Sistema de Gerência de Pavimentos do Município de Porto Alegre* [1], aqui também designado pelos termos *GerPav*, *Sistema* e *Sistema*, através da Supervisão de Conservação de Vias Urbanas (SCVU) da Secretaria Municipal de Obras e Viação (SMOV), com o apoio da Companhia de Processamento de Dados do Município (PROCEMPA) e a Consultoria do Consórcio ETEL-STRATA, no âmbito de um projeto financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID).

Para o desenvolvimento do *GerPav* foi adotada uma arquitetura modular, com base em subdivisões tradicionalmente adotadas em sistemas do tipo, e que tratam basicamente dos diversos tipos de informações que compõem a base de dados do sistema. O *Cadastro Viário* é um desses módulos, e é pré-requisito para os demais, pois é nele que se definem as propriedades fundamentais da malha viária, que servirão de base para a atribuição de todas as demais informações do sistema, como os dados de tráfego, de avaliação de pavimentos, e da memória técnica. Por este motivo, o projeto final de desenvolvimento [1,2,3] teve início exatamente com a definição da metodologia para a obtenção de informações básicas sobre a malha viária da cidade, com vistas à montagem do seu cadastro viário. Os levantamentos de campo, contratados concomitantemente pela PMPA [4], tiveram início em seguida, com a aplicação desta metodologia.

Neste trabalho são descritos diversos aspectos referentes a esta metodologia, incluindo a sua aplicação nos levantamentos de campo. No item 2 é descrita a metodologia do cadastro viário. No item 3 descreve-se os procedimentos adotados para a avaliação e julgamento dos levantamentos realizados, com base estatística. No item 4 são apresentados resultados obtidos com os levantamentos, configurando características atuais da malha viária de Porto Alegre. No item 5 são apresentadas conclusões e recomendações a respeito do trabalho e da experiência adquirida na sua realização, atualmente em estágio avançado. Nos itens 6 e 7 acrescenta-se um Glossário de siglas e Referências Bibliográficas, respectivamente.

2 - Metodologia do cadastro viário

Em 1996, a SMOV/SCVU, dentro do seu planejamento de longo prazo para a implantação do *GerPav*, iniciou um *Projeto Piloto* [1] que incluiu a obtenção do cadastro viário de uma pequena área de ocupação intensiva da cidade. A esta experiência da SMOV/SCVU [2] veio se somar a consultoria especializada do Consórcio ETEL-STRATA [3,4], e, como resultado, foram formulados os conceitos, definições, objetivos, especificações, procedimentos, e demais elementos da metodologia que serviu de base à consolidação do Cadastro Viário para o Sistema de Gerência de Pavimentos do Município de Porto Alegre. Nos itens seguintes são descritos elementos básicos e diversos outros aspectos referentes a esta metodologia.

2.1 - Conceitos e definições básicas

Logradouro, ou *via*, é uma área pública destinada à circulação de veículos e/ou pessoas.

Leito, ou *caixa viária*, ou *pista de rolamento*, é a parte do logradouro destinada à circulação de veículos, podendo conter elementos disciplinadores de tráfego.

Pavimento é a estrutura composta de camadas sobrepostas de materiais diversos colocadas sobre o solo natural, escavado ou não, visando resistir às pressões geradas pelo peso dos veículos e pedestres e compatibilizá-las com a capacidade de suporte do solo natural.

Revestimento é a camada superficial de um pavimento.

Passeio, ou *calçada*, é a parte do logradouro normalmente segregada, e em nível diferente, reservada preferencialmente ao trânsito de pedestres e, quando possível, à implantação de mobiliário urbano, como, por exemplo, sinalização, vegetação, postes, e hidrantes.

Eixo é a linha imaginária central do leito do logradouro ou, na sua indefinição, a linha média entre os alinhamentos atuais. Sua representação gráfica é também uma representação linear da via.

Nó é um ponto de interseção entre dois eixos de logradouros, sendo usualmente a representação abstrata de um cruzamento entre duas ou mais vias. Pode indicar também o ponto inicial ou final de uma via.

Arco é um segmento linear de um eixo situado entre dois nós consecutivos. Por extensão, o arco representa também o segmento físico correspondente do logradouro, delimitado geometricamente por seções transversais ao eixo passando pelos nós. O *arco* é também, como exposto no item 2.2, a unidade básica de gerenciamento do *GerPav*.

Trecho é uma subdivisão de um arco delimitada por linhas transversais ao eixo em dois pontos consecutivos de um arco, definidos pelo(s) próprio(s) nó(s) do arco ou pela ocorrência de mudanças nas características geométricas e/ou de material de revestimento, especificadas na metodologia.

Faixa é uma subdivisão transversal retangular de um trecho de arco, caracterizada geometricamente pelo comprimento do trecho e por uma largura própria, bem como pelo material do revestimento.

Malha viária [1] é o conjunto de vias do Município, classificadas e hierarquizadas segundo critério funcional, observadas as características urbanísticas geométricas, paisagísticas, e de infra-estrutura estabelecidas no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental PDDUA). Por função da via se entende o seu desempenho de mobilidade, considerados aspectos da infra-estrutura, do uso e ocupação do solo, dos modais de transporte e do tráfego veicular.

Cadastro viário é o conjunto das informações básicas sobre a malha viária, detalhadas nos registros das propriedades geométricas e materiais de cada um dos arcos das suas vias, e de seus trechos e faixas componentes, que permitam a sua identificação e caracterização para as finalidades do Sistema de Gerência de Pavimentos.

2.2 - Especificações

O cadastro viário foi aqui especificado como um subconjunto de informações do que se denomina usualmente como um *inventário*, o qual incorpora adicionalmente dados sobre a estrutura do pavimento, suas camadas, materiais e espessuras, incluindo subleito, as idades e históricos das vias, estado de conservação, e mesmo dados de tráfego, entre outros. O conceito de inventário é usual na gerência de pavimentos de rodovias, e sua aplicação integral ao meio urbano se torna bem mais difícil, em virtude da grande heterogeneidade dos pavimentos e de outras características das vias urbanas, por um lado, e, de outro, pela grande quantidade de subdivisões elementares das vias, usualmente quadras, o que traz grandes problemas logísticos e de aumento de custos para os levantamentos, principalmente em grandes cidades como Porto Alegre. Por este motivo o caminho adotado aqui foi o de levantar o subconjunto especificado de informações nos serviços de consolidação do cadastro viário, abrangendo o universo inteiro da malha, ficando para etapas posteriores a complementação com outros tipos de informações, com abrangência menor e muito provavelmente com a utilização de estimativas.

A unidade básica de gerenciamento do *Sistema GerPav*, o seu elemento nuclear fundamental, é o *arco*, principalmente porque incorpora a representação das quadras da cidade, que são um elemento físico usual para a definição, o arranjo e a *administração* do espaço das vias públicas e dos prédios nos meios urbanos. Entretanto, o nível de detalhamento adotado prescreve o levantamento de dados também para os elementos atômicos deste núcleo, como os trechos e faixas. Isto ocorre, entre outros motivos, porque o *GerPav* foi pensado como uma ferramenta de gerência tanto a nível de rede como a nível de projeto, bem como pela possível abrangência de utilização dos dados do cadastro não só pela SMOV/SCVU como também por outras entidades da administração, como por exemplo, o Departamento Municipal de Águas e Esgoto (DMAE) ou a Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC).

O *arco* é também o elemento nuclear do GerPav por ser um dos conceitos fundamentais da representação gráfica do Município, como implementado no Sistema de Informações Geográficas de Porto Alegre (SIGPOA). Este é, inclusive, um dos fatores determinantes na especificação do *GerPav*, na medida em que se definiu vincular o *sistema* na sua origem aos arcos definidos e mapeados no SIGPOA. Esta condicionante de vinculação a um Sistema de Informações Geográficas (SIG) introduz uma complexidade adicional ao *sistema*. O fato da vinculação ser exigida já no cadastro viário antecipa também o custo correspondente. Entretanto, estes são desafios e preços largamente compensados para a *Administração Pública* já no decorrer do desenvolvimento, e que redundam em poder de análise e retorno logo no início de operação do sistema. A maneira pela qual se solucionou tecnicamente esta questão é apresentada mais adiante neste trabalho.

A especificação para o *arco* inclui a identificação de cada um deles por um código numérico próprio e não duplicável, fato implementado no nível do SIGPOA para os arcos já cadastrados, e com a definição de intervalos numéricos apropriados para os arcos novos a serem encontrados nos levantamentos. Em decorrência do próprio conceito e definição, cada arco estará associado, por uma relação de pertinência, a um determinado logradouro, que, por sua vez, dispõe de um código único no

Cadastro de Logradouros (CDL) do Município. Estes dois sistemas pré-existent na cidade, o CDL e o SIGPOA, têm, como se vê, importância fundamental para o *GerPav*. Importância que cresce devido ao fato de comporem estes dois sistemas uma base informatizada para todos os órgãos da administração do município.

O *trecho*, como definido acima, tem por sua vez uma relação de pertinência relativa ao *arco* correspondente. O mesmo se dá Relativamente às *faixas* de cada *trecho* de cada *arco*.

Ao *GerPav*, como a qualquer sistema de gerência de pavimentos, interessa associar a sua unidade básica de gerenciamento, no caso o *arco*, às diversas subdivisões do seu domínio geográfico. No caso do Município de Porto Alegre, a associação dos arcos, numa relação de pertinência, aos bairros, regiões de planejamento, regiões do orçamento participativo, e outras subdivisões políticas e administrativas, permite incorporar ao *GerPav* parâmetros e critérios de análise e de alocação de recursos extremamente importantes para a *Administração Pública*. Tendo em vista um cronograma de serviços para a consolidação do cadastro viário, e para o desenvolvimento do *GerPav*, a cidade foi também particionada em 8 áreas contínuas, denominadas *módulos*, que são basicamente agrupamento de bairros contíguos, e que são exibidos na Figura 1, juntamente com a indicação da área piloto experimental da SMOV/SCVU, um subconjunto do módulo I.

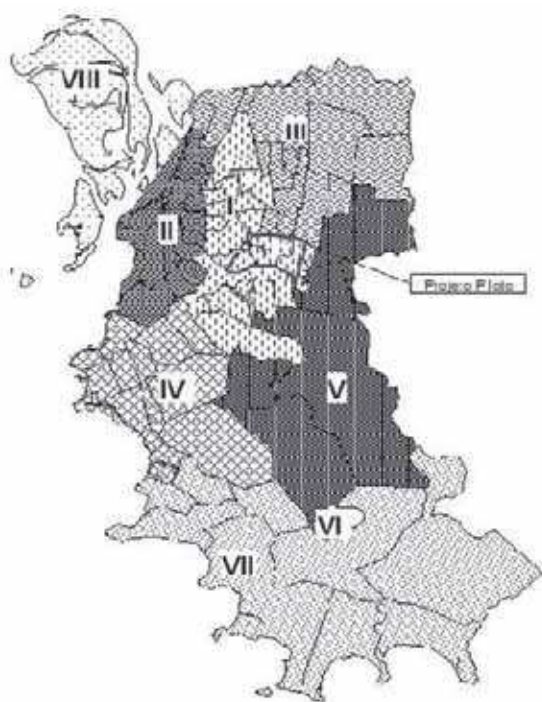


Figura 1 -

Divisão de Porto Alegre em módulos. Fonte: SMOV/DCVU

Nos Quadros 1, 2 e 3 a seguir estão delineadas as especificações a serem seguidas para a obtenção das informações sobre os arcos, e sobre os seus trechos e faixas. É requerido que as medidas de distância tenham precisão de centímetros. O sentido positivo dos arcos é o da numeração predial crescente, o que corresponde, neste caminhamento, à numeração par do lado direito da via, no caso de Porto Alegre.

Várias das informações para os arcos, trechos e faixas têm seus valores retirados de listas também especificadas pela metodologia. Os Quadros seguintes, do 4 ao 10, detalham estes valores, pré-estabelecidos a partir da realidade existente no Município de Porto Alegre.

Quadro 1. Especificações para as informações sobre os arcos			
Informação	Descrição	Tipo	Tamanho
NOME_FULL_LG	Nome completo do logradouro do arco	Texto	47
NOME_BAI	Nome do bairro do arco, ou bairros, se divisa de bairros	Texto	33
MODULOS	Número do módulo do arco, ou número dos módulos, se divisa de módulos	Texto	64
CODLOGR	Código do logradouro do arco	Inteiro longo	4
CHAVE	Código do Arco, segundo a PROCEMPA	Inteiro longo	4
CDB_I	Código do bairro num dos lados do arco	Inteiro	2
CDB_P	Código do bairro no outro lado do arco, se divisa de bairros	Inteiro	2
N_NOME_CDL_ESQ	Nome do logradouro no início do arco	Texto	47
N_NOME_CDL_DIR	Nome do logradouro no final do arco	Texto	47
N_CDL_ESQ	Código do logradouro no início do arco	Inteiro longo	4
N_CDL_DIR	Código do logradouro no final do arco	Inteiro longo	4
N_NOME_POPULAR	Nome popular do logradouro no arco	Texto	50
N_BOCADELOBO	Existe boca de lobo no arco ?	Sim/Não	1
N_DECLIV_GRAU	Declividade do arco, número de graus	Byte	1
N_DECLIV_MIN	Declividade do arco, número de minutos	Byte	1
N_LEV_I_I	Numeração predial levantado, menor no lado ímpar	Inteiro	2
N_LEV_I_F	Numeração predial levantado, maior no lado ímpar	Inteiro	2
N_LEV_P_I	Numeração predial levantado, menor no lado par	Inteiro	2
N_LEV_P_F	Numeração predial levantado, maior no lado par	Inteiro	2
N_Data_lev	Data do levantamento	Data/Hora	8
N_CodPesquisador	Código do pesquisador	Byte	1
N_Data_Ver	Data de verificação	Data/Hora	8
N_CodVerificador	Código do verificador	Byte	1
N_Obs	Observações adicionais sobre o arco	Texto	120
N_Situacao_Arco	Identificador da situação de cada arco levantado	Byte	1

Quadro 2. Especificações para as informações sobre os trechos			
Informação	Descrição	Tipo	Tamanho
Trecho	Número do trecho	Byte	1
Desl_lat	Deslocamento lateral do trecho	Simple	4
Comprimento	Comprimento do trecho	Simple	4
Intersecao	Tipo de interseção, se for o caso	Texto	2
CHAVE	Código do Arco, segundo a PROCEMPA	Inteiro longo	4

Quadro 3. Especificações para as informações sobre as faixas			
Informação	Descrição	Tipo	Tamanho
Trecho	Número do trecho	Byte	1
Faixa	Número da faixa	Byte	1
Largura	Largura da faixa	Simple	4
TipoDeUso	Tipo de uso da faixa	Texto	3
Revestimento	Revestimento da faixa	Texto	3
Ext_delim	Extensão do delimitador à esquerda	Texto	2
Tip_delim	Tipo do delimitador à esquerda	Texto	2
CHAVE	Código do Arco, segundo a PROCEMPA	Inteiro longo	4
Remendo	Remendo na faixa para PI, PL, BC e CCP	Texto	2

Quadro 4. Tipos de interseções	
Sigla	Descrição
T	Quando a área do trecho pertencer no todo ou em parte a uma interseção ortogonal de dois logradouros, com geometria em T e com revestimento homogêneo
C	Quando a área do trecho pertencer no todo ou em parte a uma interseção ortogonal de dois logradouros, com geometria em Cruz e com revestimento homogêneo
L	Quando a área do trecho pertencer no todo ou em parte a uma interseção ortogonal de dois logradouros, com geometria em L e com revestimento homogêneo
O	Quando a área do trecho pertencer no todo ou em parte a um tipo de interseção diferente dos tipos acima (p. ex., mais de 2 logradouros cruzando ou 2 logradouros não ortogonais)
NA	(Não Aplicável) Quando a área do trecho pertencer totalmente a apenas um logradouro, ou seja, não se trata de uma interseção.

Quadro 5. Tipos de uso das faixas	
Sigla	Descrição
O	Faixa utilizada como corredor de <i>Ônibus</i>
B	Faixa utilizada como ciclovia (<i>Bicicletas</i>)
V	Faixa utilizada por <i>Veículos</i> em geral
P	Faixa do tipo <i>Passeio</i>
C	Faixa do tipo <i>Canteiro</i>
A	Faixa do tipo <i>Arroio</i> ou <i>Valão</i>
AC	Faixa do tipo <i>Acostamento</i>
FL	Faixa do tipo <i>Lateral</i> em vias não pavimentadas
PSG	Faixa do tipo <i>PaSsaGem</i> de pedestre
ESC	Faixa do tipo <i>ESCadaria</i>
CAL	Faixa do tipo <i>CALçada</i> o
PDO	Faixa do tipo <i>Ponto De Ônibus</i>

Quadro 6. Tipos de revestimento		
Sigla	Revestimento	Descrição
RP	Revestimento Primário	Inclui solos estabilizados com cimento
RA	Revestimento Asfáltico	Material homogêneo e contínuo constituído por uma mistura de agregados minerais e cimento asfáltico
PI	Pedra Irregular	Peças justapostas e intertravadas de pedras de granito ou basalto, sem forma definida e entremeadas por areia, saibro ou pó-de-pedra
PL	Paralelepípedo	Peças justapostas e intertravadas de pedras de granito ou basalto com forma paralelepédica e entremeadas por areia, saibro ou pó-de-pedra.
BC	Bloco de concreto	Peças justapostas de artefatos de concreto de cimento Portland com formato uniforme e pequenas dimensões, entremeadas por areia ou pó de-pedra
CCP	Concreto de Cimento Portland	Placas justapostas de concreto de cimento Portland moldadas no local, ou concreto rolado (material contínuo obtido pela espalha compactada por compressão de concreto de cimento Portland)
LDG	Laje de grês	Aplicável apenas às faixas com tipos de uso PSG ou ESC ou CAL
BSR	Basalto regular	Aplicável apenas às faixas com tipos de uso PSG ou ESC ou CAL
BSI	Basalto irregular	Aplicável apenas às faixas com tipos de uso PSG ou ESC ou CAL
GRA	Granito	Aplicável apenas às faixas com tipos de uso PSG ou ESC ou CAL
LAH	Ladrilhos hidráulicos	Aplicável apenas às faixas com tipos de uso PSG ou ESC ou CAL
PDP	Pedra portuguesa	Aplicável apenas às faixas com tipos de uso PSG ou ESC ou CAL
NA		(<i>Não Aplicável</i>) Quando a faixa tiver um tipo de uso P (passeio), C (canteiro), A (arroio ou valão) ou FL (faixa lateral)

Quadro 7. Remendo (pano de asfalto) em faixas com revestimento tipo PL, PI, BC ou CCP	
Sigla	Descrição
E	Quando <i>Existir</i> pelo menos um remendo (pano de asfalto) numa faixa com revestimento do tipo PL, PI, BC ou CCP
I	Quando <i>Inexistir</i> remendo (pano de asfalto) numa faixa com revestimento do tipo PL, PI, BC ou CCP
NA	(<i>Não Aplicável</i>) Quando o revestimento da faixa for diferente de PL, PI, BC ou CCP, inclusive para faixas onde não seja aplicável (<i>NA</i>) o campo revestimento

Quadro 8. Delimitador à esquerda da faixa – extensão	
Sigla	Descrição
T	Quando existir Delimitador à esquerda da faixa em toda sua extensão
P	Quando existir Delimitador à esquerda da faixa em parte de sua extensão
I	Quando não existir Delimitador à esquerda da faixa
NA	(<i>Não Aplicável</i>) Em situações onde não fizer sentido considerar-se a existência ou ausência de um delimitador à esquerda (p.ex., na última faixa de cada trecho cujo limite à esquerda seja o limite predial)

Quadro 9. Delimitador à esquerda da faixa – tipo	
Sigla	Descrição
V	Delimitador à esquerda da faixa constituído de Valeta
S	Delimitador à esquerda da faixa constituído de Sarjeta
E	Delimitador à esquerda da faixa constituído de Edificações (muros, cercas, prédios, etc) Somente usar para definir extremos laterais direito ou esquerdo da via, quando necessário.
M	Delimitador à esquerda da faixa do tipo Meio-Fio
T	Delimitador à esquerda da faixa do tipo Tendo
MT	Delimitador à esquerda da faixa composto alternadamente de Meio Fio ou Tendo
O	Delimitador à esquerda da faixa constituído de Blocos, Tachões ou outros tipos
NA	(<i>Não Aplicável</i>) Em situações onde não fizer sentido considerar-se a existência ou ausência de um delimitador à esquerda (p.ex., na última faixa de cada trecho cujo limite à esquerda seja o limite predial). Quando a extensão do delimitador (v. quadro anterior) for I ou NA.

Quadro 10. Situação do arco	
Sigla	Descrição
Normal	Arco com as informações previstas normalmente no formulário
Arco Novo	Arco ainda não registrado no banco de dados do Cadastro Viário, porém contendo as informações previstas normalmente no formulário
Arco Não Existe	Arco registro no banco de dados do Cadastro Viário, porém não encontrado no campo
Arco Eliminado	Diversas situações, por exemplo: a) junção de dois ou mais arcos em um único arco, eliminando-se um ou mais arcos
Outro (preencher obs)	Qualquer outra situação especial do arco, diferente das acima listadas, caso em que se deve anotar a situação nova no campo Observação

Adicionalmente, no Quadro 11 a seguir, identificam-se para referência os diversos materiais utilizados nos revestimentos dos pavimentos que ocorrem em Porto Alegre, classificados de acordo com os seis primeiros tipos de revestimento para superfícies de rolamento, especificados no Quadro 6 para os levantamentos de campo.

Quadro 11. Discriminação dos materiais de revestimento por tipo de revestimento		
Sigla	Revestimento	Descrição
RP	Revestimento Primário	
	Solo natural	Material natural do local, sem mistura, com ou sem vegetação e/ou matéria orgânica
	Saibro	Solo importado com características próprias de uniformidade.
	Saibro argila	Solo importado com características próprias de uniformidade melhorado pela adição de argila
	Solo cimento	Material natural do local melhorado pela adição de cimento Portland
	Solo cal	Material natural do local melhorado pela adição de cal
	Solo brita	Material natural do local melhorado pela adição de brita
	Solo estabilizado	Solo estabilizado com outros aditivos químicos que não os acima
RA	Revestimento Asfáltico	
	Concreto asfáltico	Material homogêneo e contínuo constituído por uma mistura de agregados minerais e cimento asfáltico
PD	Pedra Irregular	
	Pedra irregular de granito	Peças justapostas e intertravadas de pedras de granito, sem forma definida e entremeadas por areia, saibro ou pó-de-pedra
	Pedra irregular de basalto	Peças justapostas e intertravadas de pedras de basalto sem forma definida e entremeadas por areia, saibro ou pó-de-pedra.

Sigla	Revestimento	Descrição
PL	Paralelepípedo	
	Paralelepípedo de granito	Peças justapostas e intertravadas de pedras de granito com forma paralelepédica e entremeadas por areia, saibro ou pó-de-pedra.
	Paralelepípedo de basalto	Peças justapostas e intertravadas de pedras de basalto com forma paralelepédica e entremeadas por areia, saibro ou pó de pedra
BC	Bloco de concreto	Peças justapostas de artefatos de concreto de cimento Portland com formato uniforme e pequenas dimensões, entremeadas por areia ou pó de-pedra
CCP	Concreto de Cimento Portland	
	Placa de Concreto de Cimento	Placas justapostas de concreto de cimento Portland moldadas no local
	Concreto rolado	Material contínuo obtido pela espalha compactada por compressão de concreto de cimento Portland

2.3 - Procedimentos

Para a implementação da metodologia deve o Consórcio coletar as informações disponíveis nos órgãos municipais, avaliando-os e adequando-os para a execução dos serviços. Aqui se incluem desenhos dos logradouros em mídia papel oriundos da Secretaria de Planejamento Municipal (SPM), o sistema de eixos viários georeferenciados e demais componentes do SIGPOA (PROCEMPA), documentação do projeto piloto da SMOV/SCVU, o cadastro de logradouros municipais (CDL), entre outros insumos. Em seguida deve o Consórcio implementar a metodologia do cadastro viário, passo descrito no item 2.4 a seguir.

Os trabalhos de campo devem ser realizados começando pelos arcos do módulo I (v. Fig. 1), e então sequencialmente prosseguir até o módulo VIII (arquipélago).

2.4 - Implementação

A metodologia formulada para o cadastro viário foi implementada para ser aplicada na produção dos levantamentos de campo. Para isso, o Consórcio ETEL-STRATA acrescentou às informações especificadas na metodologia, no seu banco de dados de produção para o cadastro viário, os dados listados mais adiante nos Quadros 12, 13 e 14. O objetivo para tais acréscimos é apenas o de facilitar o planejamento e a organização da produção dos serviços, sem alterar a metodologia original. O banco de dados e um aplicativo foram desenvolvidos no ambiente do gerenciador Microsoft Access, e elaborada documentação [10] para o preenchimento dos formulários de campo pelas equipes de levantamentos, e posterior digitação no escritório. Mais adiante são apresentadas, nas Figuras 2 e 3, imagens do formulário de campo, produzido e listado de forma bastante automatizada e normalmente para o conjunto de arcos de um bairro inteiro por vez, e do formulário de digitação, ambos desenhados com o objetivo de facilitar ao máximo o trabalho dos profissionais e dar vazão à grande produtividade requerida para este tipo de serviço. Botões no formulário de digitação abrem sub-formulários para a digitação dos dados dos trechos e faixas. Procedeu-se a uma carga inicial dos dados de todos os logradouros do CDL, e dos 30711 arcos pré-definidos no SIGPOA. Estes dois sistemas permanecem, ao longo de todo o período de trabalho, sendo usados continuamente, para dar suporte às equipes, como por exemplo, na geração de mapas de

localização de logradouros e arcos na cidade. Montadas as equipes de campo, chefiadas por topógrafos, sob a coordenação de um engenheiro sênior, e contando cada uma com uma estação total e demais acessórios, deu-se início às operações de campo. A equipe de escritório, responsável pela conferência e entrada de dados, é composta por técnicos e por um engenheiro sênior.

O formulário de campo (Fig. 2) contém uma área para desenho de uma representação gráfica esquemática do arco e dos seus trechos componentes. O formulário é emitido através de um relatório do MS-Access, uma página para cada arco, de acordo com uma ordem de classificação envolvendo nomes dos logradouros e a seqüência de seus arcos respectivos, obtida a partir da numeração predial da Secretaria Municipal da Fazenda (SMF). Índices dos logradouros e suas páginas foram gerados para facilitar sua localização e permitir um controle e acompanhamento dos serviços de campo. Uma versão deste formulário-padrão sem campos pré-impressos, exceto os números das páginas, é utilizada para levantar novos arcos de logradouros ainda não definidos pela Prefeitura. Um terceiro formulário, também baseado neste, foi criado para continuação do preenchimento de arcos com uma quantidade de informações de trechos e faixas que supere a do formulário-padrão.

A implementação inicial da metodologia pelo Consórcio, como exposto aqui, serviu de modelo para a PMPA na implementação feita em seguida no ambiente operacional do GerPav, que utiliza o gerenciador de banco de dados Microsoft SQL Server.

Quadro 12. Especificações para as informações adicionais do Consórcio sobre os arcos

Informação	Descrição	Tipo	Tamanho
PAGINA	Identificador do arco p/uso do consórcio	Inteiro longo	4
NOME_FULL_LG_I	Nome completo do provável logradouro no início	Texto	47
NOME_FULL_LG_F	Nome completo do provável logradouro no final	Texto	47
SMF_P_I	Numeração predial original da SMF, menor no lado par	Inteiro	2
SMF_P_F	Numeração predial original da SMF, maior no lado par	Inteiro	2
SMF_I_I	Numeração predial original da SMF, menor no lado ímpar	Inteiro	2
SMF_I_F	Numeração predial original da SMF, maior no lado ímpar	Inteiro	2
CDL_I	Código do provável logradouro no início	Inteiro longo	4
CDL_F	Código do provável logradouro no final	Inteiro longo	4
ST1	<i>Campo reservado para uso do Consórcio</i>	Sim/Não	1
N_POSIG_INI	<i>Campo reservado para uso do Consórcio</i>	Simple	4
N_POSIG_FIN	<i>Campo reservado para uso do Consórcio</i>	Simple	4
N_Pendente	<i>Campo reservado para uso do Consórcio</i>	Sim/Não	1
N_Lote_Dig	Número do lote de arcos para entrega à SMOV	Byte	1
N_Ext_Arco	Soma dos comprimentos dos trechos do arco	Simple	4
N_Comprimento_Verificacao	<i>Campo reservado para uso do Consórcio</i>	Simple	4
N_Node_I	<i>Campo reservado para uso do Consórcio</i>	Inteiro longo	4
N_Node_F	<i>Campo reservado para uso do Consórcio</i>	Inteiro longo	4
LENGTH	<i>Campo reservado para uso do Consórcio contendo comprimento do Arco como registrado no SIGPOA</i>	Duplo	8

Quadro 13. Especificações para as informações adicionais do Consórcio sobre os trechos

Informação	Descrição	Tipo	Tamanho
Pagina	Identificador do arco p/uso do consórcio	Inteiro longo	4
Comprimento_1	Comprimento do trecho – medida 1	Simples	4
Comprimento_2	Comprimento do trecho – medida 2 opcional	Simples	4
Largura_Verificacao	<i>Campo reservado para uso do Consórcio</i>	Simples	4

Quadro 14. Especificações para as informações adicionais do Consórcio sobre as faixas

Informação	Descrição	Tipo	Tamanho
Pagina	Identificador do arco p/uso do consórcio	Inteiro longo	4
Largura_1	Largura da faixa – primeira medida levantada	Simples	4
Largura_2	Largura da faixa – segunda medida opcional levantada	Simples	4

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE
SMOV - SCVU - GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

CONSÓRCIO ETEL-STRATA
CADASTRO VIÁRIO - V 1.1

Página: 10

DADOS DO LOGRADOURO			
Nome:	AC A CHACARA DA FUMACA	CDL:	8877623
Bairro:	MARIO QUINTANA	Módulo:	5
Nome Popular:			

DADOS E REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO ARCO-SIG			
Código:	15715	Boca de Lobo: <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> N	Declividade Máxima = _____°
Nº 2 <small>SMP LEV.</small> → Lado par (números prováveis menor e maior)		→ Nº 68 <small>SMP LEV.</small>	
AC A CHACARA DA FUMACA			

Trechos → 1

<p>Inicia em:</p> <p><input type="checkbox"/> R MANOEL MARQUES</p> <p><input type="checkbox"/> R DOIS MIL NOVECENTOS SETE</p> <p><input type="checkbox"/> AC A CHACARA DA FUMACA</p> <p><input type="checkbox"/> CDL: _____</p> <p>Nome: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>Termina em:</p> <p><input type="checkbox"/> R DOIS MIL NOVECENTOS SETE</p> <p><input type="checkbox"/> R MANOEL MARQUES</p> <p><input type="checkbox"/> AC A CHACARA DA FUMACA</p> <p><input type="checkbox"/> CDL: _____</p> <p>Nome: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
Fabras	↑ ↓
Nº 1 <small>SMP LEV.</small> → Lado Ímpar (números prováveis menor e maior) → Nº 67 <small>SMP LEV.</small>	

DADOS DOS TRECHOS E FAIXAS													
Trecho Nº	Inter-seção	Desl. Lateral (+ ↑ ou - ↓)	Comprimento		Largura de Verif.	Faixa Nº	Tipo de Uso	Largura da Faixa		Revestimento	Remendo	Delimit. à Esq.	
			Medida 1	Medida 2				Medida 1	Medida 2			Extensão	Tipo

COMPR. DE VERIF.

SITUAÇÃO DO ARCO

Normal

Arco Novo

Arco Não Existe

Arco Eliminado

Outro (preencher obs.)

OBSERVAÇÕES			
Data	Levantado por	Data	Verificado por
____/____/____	_____	____/____/____	_____

Figura 3 - Formulário de digitação dos levantamentos de campo
(Projeto e layout: Francisco de Assis Ferreira e Alexandre de Souza Barcelos)

3 - Procedimento para avaliação e julgamento dos levantamentos do cadastro viário

Definida a metodologia a ser utilizada no cadastro da malha viária, a equipe da Fiscalização da PMPA/SMOV dos serviços contratados ao Consórcio elaborou um procedimento para avaliação e julgamento dos levantamentos realizados pela empresa.

Dado o caráter do serviço contratado, obviamente, não seria possível verificar o cadastro de cada arco. Desta forma, a avaliação é realizada com o uso de princípios estatísticos, aplicados a cada lote de levantamentos recebido, que tem periodicidade semanal e, em média, constitui-se de 400 arcos viários e 35 quilômetros de extensão.

Nos itens a seguir são descritas as etapas que constituem este procedimento.

3.1 - Critérios para a seleção da amostra

Nesta etapa buscou-se definir critérios para a seleção de amostra que assegurem que os arcos a serem verificados sejam representativos do lote a qual pertencem.

As amostras são constituídas por 25 arcos para lotes com no máximo 500 arcos, isto é, no mínimo 5% dos arcos do lote são verificados. Caso o lote tenha mais que 500 arcos, a amostra deve ser múltipla de 25 arcos, proporcionalmente.

A amostragem é realizada por um aplicativo computacional desenvolvido para esta finalidade. Foram estabelecidos dois estratos:

- a) tipo de revestimento, de onde são retiradas quinze amostras;
- b) uso de faixa, com dez amostras. Cada estrato possui um sub-critério: no primeiro, o bairro a que pertence o arco e no segundo, o pesquisador que coletou os dados. Através do aplicativo são classificados todos os arcos por tipo de revestimento e uso de faixa, considerando o trecho com maior comprimento e a respectiva faixa de maior largura, e são calculados para cada estrato os percentuais relativos a cada sub-critério. A quantidade de arcos a serem selecionados de cada sub-critério é obtida aplicando o seu percentual ao número de arcos a serem selecionados em cada estrato. Deve ser observado que mesmos arcos não são selecionados em diferentes estratos.

3.2 - Critérios para a avaliação da amostra

Após a seleção dos arcos, é realizado o levantamento cadastral pelas equipes da SMOV/SCVU/GERPAV, seguindo a metodologia do cadastro viário, sem o conhecimento dos dados apresentados pelo Consórcio para o lote. Este cuidado é tomado a fim de evitar a indução por erros contidos nos dados apresentados pelo Consórcio.

A seguir são confrontados os dados dos dois levantamentos, observando as divergências existentes. As divergências constatadas são esclarecidas mediante uma nova vistoria em campo pelo Engenheiro Fiscal, a fim de verificar qual cadastro está correto.

A avaliação do lote segue o procedimento descrito abaixo:

- a) São quantificados os dados (campos) que existem dentro de cada arco e quantos apresentam não conformidades em relação ao levantamento realizado pela Fiscalização. Define-se não conformidade como o valor ou atributo que está fora do limite de aceitação definido para o respectivo dado, apresentado no Quadro 15.

- b) Os limites de aceitação dos dados referentes a *declividade, deslocamento lateral, comprimentos dos trechos, extensão total do arco e largura das faixas* são aplicados às medidas levantadas tanto pelo Consórcio, como pela Fiscalização. Os valores são considerados em **conformidade** se estiverem dentro do intervalo definido pelo menor e pelo maior valor calculado. A cada não conformidade é atribuída um fator que a pondera em relação à importância do dado no cadastro do arco, também apresentado no Quadro 15;
- c) A partir da quantidade de dados do arco (k) e do número de não conformidades ponderadas (i), é calculada a proporção de inconformidades (p) para cada arco, dada por:

$$p = i / k$$

- d) São calculados a proporção média de não conformidades (p') e o desvio padrão (S) da totalidade de amostra, dado por:

$$p' = \frac{\sum p}{N} \quad S = \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}} \quad N = \sum k$$

Nos arcos com revestimento primário que possuem uma grande irregularidade de geometria, os limites de aceitação para comprimento dos trechos e larguras das faixas não são aplicados. Nestes casos, se for de entendimento da Fiscalização que existam não conformidades no levantamento, deve ser efetuada uma vistoria no local juntamente com o Consórcio e adotado um consenso sobre os dados, observando a Metodologia de Levantamento do Cadastro Viário.

3.3 Julgamento do lote

A aceitação ou rejeição do lote é realizada através da avaliação da proporção média de não conformidades obtida para a amostra. A proporção média de não conformidades máxima (μ) aceita no lote é de 5%.

Quando a proporção média obtida para a amostra é maior que 5%, é realizado o teste de hipótese, apresentado abaixo, considerando-se o desvio padrão observado na amostra:

Teste de Hipótese: **H₀**: $\mu = p'$

H_a: $\mu \neq p'$

$$z = (p' - \mu) / S$$

Assim, se $z < 1,96$ o lote é aceito, caso contrário o lote é rejeitado.

Quadro 15 – Limites de aceitação e fatores de ponderação de cada dado

Dado	Limite de Aceitação	Fator de ponderação
Código do arco	0	1
Nome do logradouro	0	1
CDL	0	1
Bairro	0	1
Módulo	0	1
Declividade	+/- 1 °	1
Boca-de-lobo	0	1
Logradouro de início	0	1
CDL logradouro de início	0	1
Logradouro de fim	0	1
CDL logradouro de fim	0	1
Numeração predial	3 números	1
N.º de trechos longitudinais	0	1
Deslocamento lateral	+/- 2 %	1
Sentido deslocamento lateral	0	1
Comprimento dos trechos	+/- 10% (*)	3
	+/- 2%	3
Extensão total do arco	+/- 2%	10
Tipo de interseção	0	1
Nº de faixas	Passeio: 1 Outras: 0	1
Largura das faixas	+/- 10% (*)	3
	+/- 2%	3
Uso faixa	0	1
Revestimento	0	1
Extensão do delimitador à esquerda	0	1
Tipo do delimitador à esquerda	0	1

*Aplicado nos trechos com comprimento inferior a 10% da extensão total do arco, exceto para o trecho da interseção tipo C, T e L.

3.4 - Encaminhamentos pós-conferência

Quando o lote for aceito, todas as não conformidades encontradas pela Fiscalização devem ser verificadas e corrigidas pelo Consórcio. Quando o lote for rejeitado, cabe ao Consórcio analisar as não conformidades encontradas. Se considerar que existam erros no processo de conferência poderá apresentá-los a Fiscalização que avaliará a procedência da reclamação e a necessidade de se rever o parecer sobre a rejeição do lote.

Caso o Consórcio concorde com a rejeição do lote, deve tomar as providências necessárias para a sua adequação e então reapresentá-lo para ser repetido o processo de avaliação.

4 - Resultados e observações sobre o cadastro viário

Na Fig. 4 a seguir observa-se um quadro da produção do cadastro até 16 de setembro de 2003. Na figura, arcos incorporados são os arcos levantados e com seus dados inseridos no cadastro viário, dos quais cerca de 80% já foram verificados pelo controle de qualidade do Consórcio, a grande maioria deles já aprovada pela SMOV/SCVU (v. item 4.1), através do procedimento de avaliação e julgamento (v. item 3). Os cerca de 1520% restantes de arcos incorporados já foram levantados e inseridos no banco, e estão em processo de verificação para entrega à SMOV/SCVU. Arcos não incorporados são, por sua vez, arcos não levantados no campo, ou arcos já levantados mas com dados ainda não inseridos no banco.

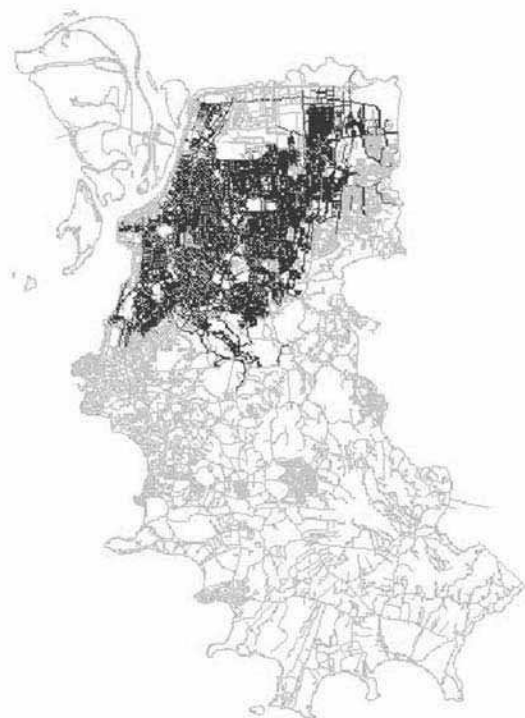


Figura 4 - Situação do cadastro em 16 de setembro de 2003:

Vermelho - Arcos incorporados (v. texto); Verde-Arcos não incorporados (v. Texto)

Até a segunda quinzena de setembro de 2003, os quantitativos de produção indicavam que aproximadamente 1.290 km de arcos levantados e incorporados ao banco de dados, sendo cerca de 1.140 km em 13.033 arcos previstos inicialmente, e cerca de 150 km em arcos não previstos, gerados em função de subdivisões ou junções de arcos previstos e/ou em virtude da ocorrência de *logradouros novos* detetados pelas equipes de campo. A estimativa atual para o conjunto do município é de aproximadamente 2.500 km. O comprimento médio para os arcos previstos é de aproximadamente 88 m. Para os arcos não previstos a média é bem menor, de cerca de 58 m, o que reflete a predominância de arcos dos tipos becos, travessas e passagens encontrados nos loteamentos, regulares ou irregulares, ocupados por moradias populares. Estes parâmetros refletem a realidade das regiões levantadas até aqui, que ficam predominantemente na zona de ocupação intensiva da cidade, regiões norte e central da cidade, correspondendo aos módulos I, II e III (v. Fig. 1). No Quadro 16 a seguir, observa-se a composição da área de rolamento atualmente incorporada ao cadastro viário, pelos diversos tipos de revestimento.

**Quadro 16. ÁREAS DE ROLAMENTO DE VEÍCULOS E/OU ONIBUS
INCORPORADAS AO CADASTRO VIÁRIO EM 16/09/2003
POR TIPO DE REVESTIMENTO**

Sigla	Revestimento	Área de rolamento em m ²	Porcentual
RA	Revestimento Asfáltico	6.111.095	55,65 %
PI	Pedra Irregular	1.948.411	17,74 %
PL	Paralelepípedo	1.685.375	15,35 %
CCP	Concreto de Cimento Portland	655.523	5,97 %
RP	Revestimento Primário	413.935	3,77 %
BC	Bloco de concreto	167.611	1,52 %
Totais		10.981.950	100,00 %

Na sequência, são exibidas 12 figuras (Fig. 5 a Fig. 16) com a distribuição geográfica atualmente incorporada ao cadastro das seguintes grandezas: bocas de lobo (indicativo de drenagem), remendos ou panos de asfalto (indicativo de serviços executados nas vias), uso por veículos ou ônibus (indicativo de tráfego), canteiros (indicativo da importância das vias), e tipos de revestimento (CCP, RA, BC, PL, PI, e RP), e declividades. As figuras representam apenas o conjunto de arcos previstos inicialmente no mapa da cidade, pois os *arcos novos* não foram ainda inseridos no SIGPOA, ou seja, as figuras exibem cerca de 88% dos arcos incorporados até o presente entre os previstos no SIGPOA, o que é mais do que suficiente para a análise e retirada de conclusões. Para uma melhor visualização das grandezas recortou-se do mapa completo (v. Fig. 4) apenas a parte superior já incorporada ao cadastro.

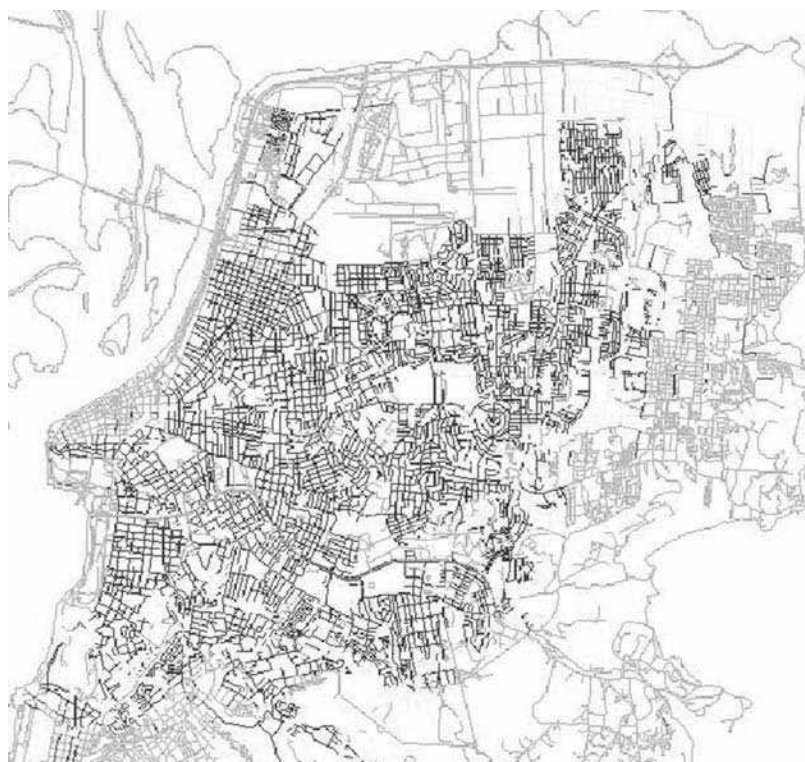


Figura 5 - Cadastro em 16/09/2003: Vermelho-Arcos com boca de lobo;
Amarelo Arcos sem boca de lobo; Verde-Arcos não incorporados

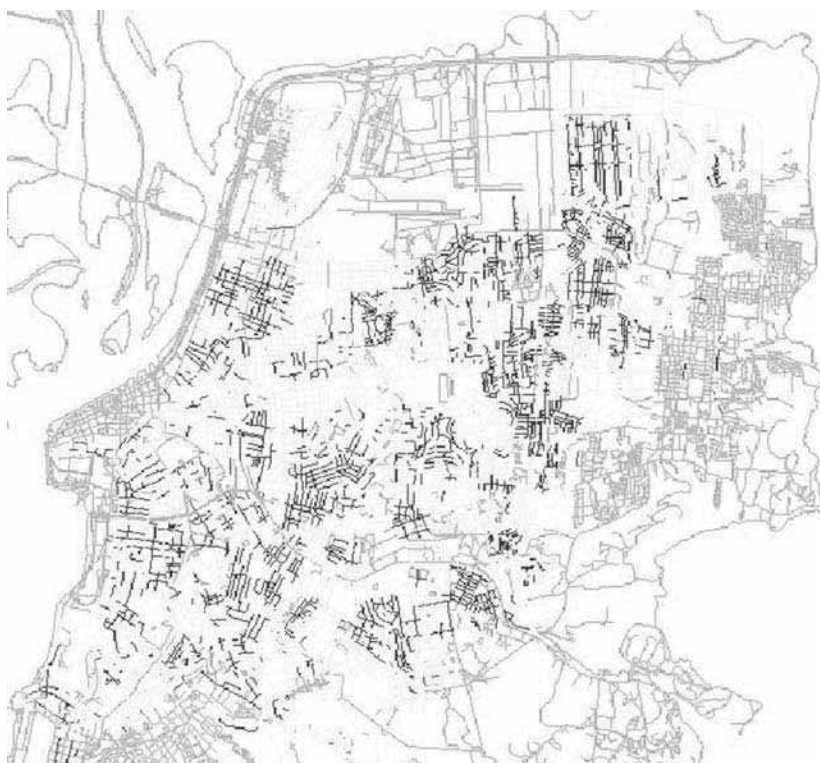


Figura 6 - Cadastro em 16/09/2003 - Arcos com Panos de asfalto (Remendos): Vermelho tem pano de asfalto;
Amarelo Não tem pano de asfalto; Verde-Arcos não incorporados

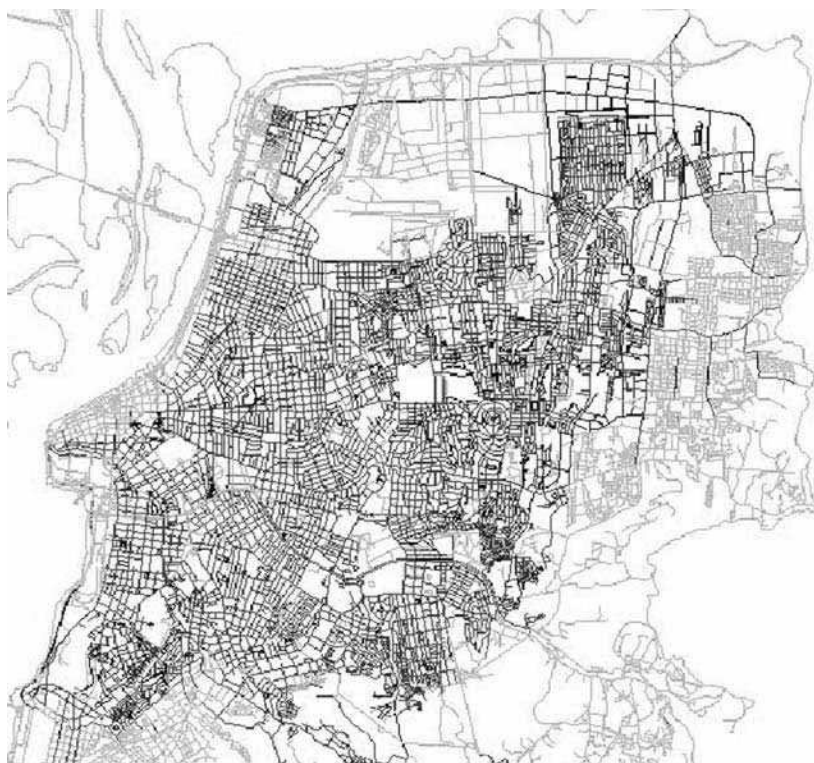


Figura 7 - Cadastro em 16/09/2003 - Arcos com faixa para Veículos em geral: Vermelho tem faixa para veículo em geral; Amarelo Não tem faixa para veículo em geral; Verde-Arcos não incorporados



Figura 8 - Cadastro em 16/09/2003 - Arcos com corredor de Ônibus: Vermelho tem corredor de ônibus; Amarelo Não tem corredor de ônibus; Verde-Arcos não incorporados

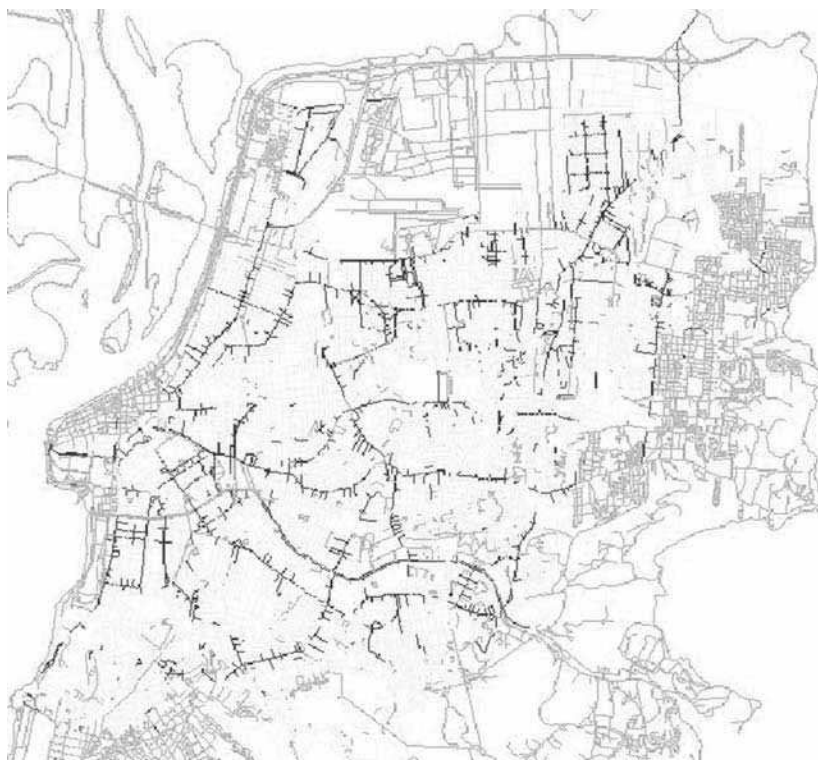


Figura 9 - Cadastro em 16/09/2003: Vermelho-Arcos com canteiro;
Amarelo Arcos sem canteiro; Verde-Arcos não incorporados



Figura 10 - Cadastro em 16/09/2003 - Arcos com revestimento em CCP: Vermelho $\geq 50\%$ de CCP; Preto $\geq 10\%$ e $< 50\%$ de CCP; Amarelo $< 10\%$ de CCP; Verde-Arcos não incorporados

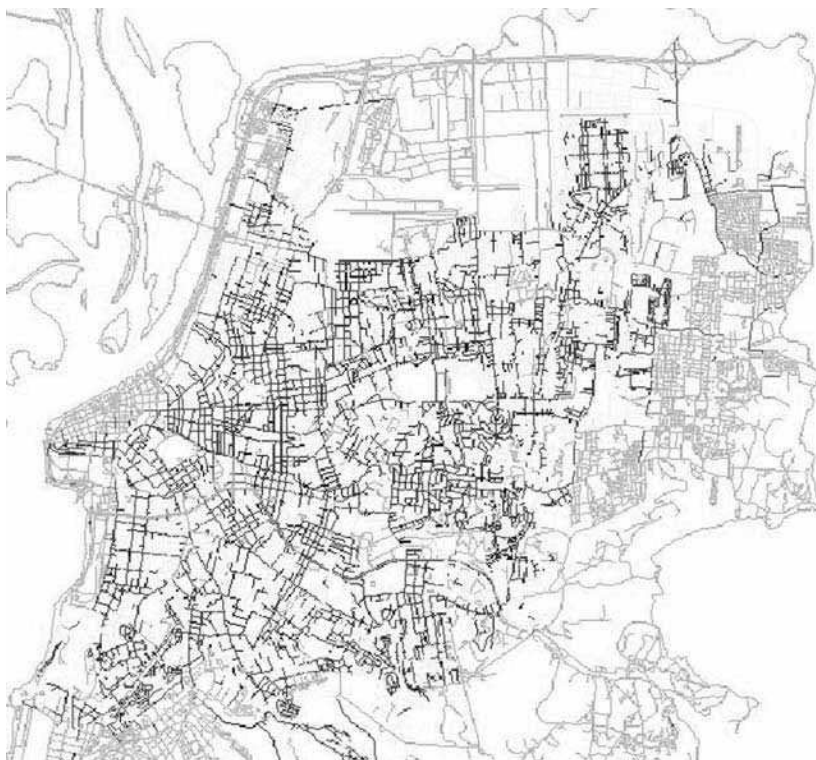


Figura 11 - Cadastro em 16/09/2003 - Arcos com revestimento em RA: Vermelho $\geq 50\%$ de RA; Preto $\geq 10\%$ e $< 50\%$ de RA; Amarelo $< 10\%$ de RA; Verde-Arcos não incorporados



Figura 12 - Cadastro em 16/09/2003 - Arcos com revestimento em BC: Vermelho $\geq 50\%$ de BC; Preto $\geq 10\%$ e $< 50\%$ de BC; Amarelo $< 10\%$ de BC; Verde-Arcos não incorporados 90



Figura 13 - Cadastro em 16/09/2003 - Arcos com revestimento em PL: Vermelho $\geq 50\%$ de PL; Preto $\geq 10\%$ e $< 50\%$ de PL; Amarelo $< 10\%$ de PL; Verde-Arcos não incorporados

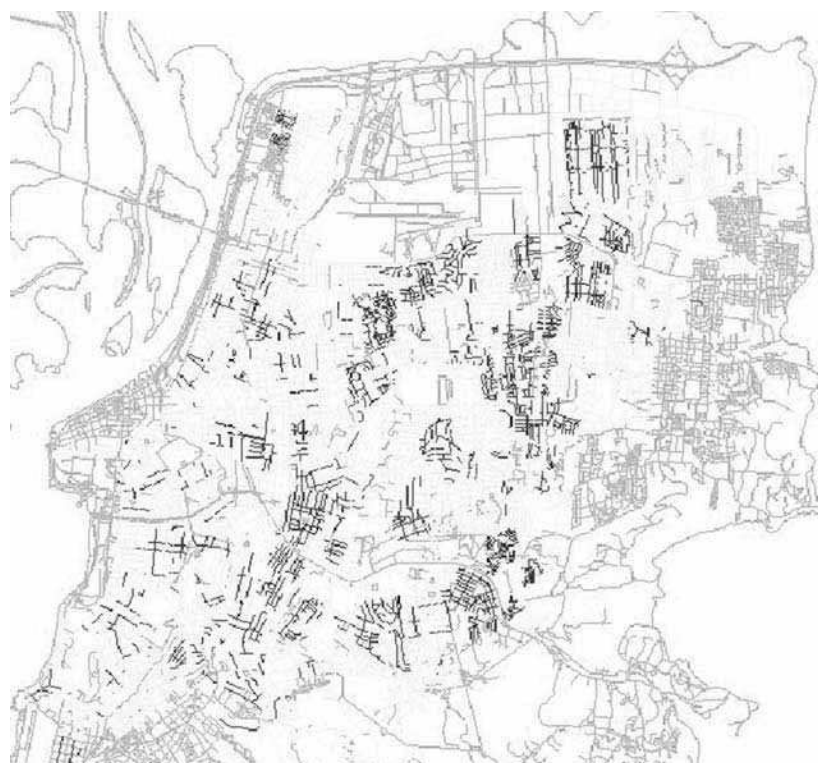


Figura 14 - Cadastro em 16/09/2003 - Arcos com revestimento em PI: Vermelho $\geq 50\%$ de PI; Preto $\geq 10\%$ e $< 50\%$ de PI; Amarelo $< 10\%$ de PI; Verde-Arcos não incorporados



Figura 15 - Cadastro em 16/09/2003 - Arcos com revestimento em RP: Vermelho $\geq 50\%$ de RP; Preto $\geq 10\%$ e $< 50\%$ de RP; Amarelo $< 10\%$ de RP; Verde-Arcos não incorporados



Figura 16 - Cadastro em 16/09/2003 Declividades dos arcos: Vermelho $> 10^\circ$; Preto $\leq 10^\circ$ e $> 5^\circ$; Amarelo $\leq 5^\circ$; Verde-Arcos não incorporados

Observa-se do exposto que boa parte da área de ocupação intensiva [11] do município já foi levantada. Percorre-se atualmente a região nordeste da cidade, para completar o módulo III (V. Fig. 1). A parte restante do módulo II, inclusa no centro histórico da cidade, requer um planejamento especial, pelo tráfego intenso que apresenta, estudando-se fazer os levantamentos em dias e horários especiais. Em seguida, as equipes avançarão em relação à parte sul do Município para levantar o módulo IV, próximo ao Lago Guaíba. Os módulos seguintes serão o V, a leste da cidade, o VI e VII, ao sul, zonas de ocupação rarefeita [11], onde entrará com ênfase a questão das estradas municipais. Por último será levantado o Arquipélado, compondo o módulo VIII.

4.1 - Resultados obtidos com o procedimento de avaliação dos lotes levantados

Após a aplicação dos procedimentos de avaliação e julgamento, descritos no item 3, a vinte e quatro lotes, apenas dois deles foram rejeitados: o primeiro lote recebido, quando a metodologia ainda não estava completamente definida e as equipes de levantamento ainda estavam em treinamento, e o primeiro lote composto por *logradouros e/ou arcos novos*, correspondentes a *arcos e/ou logradouros* não previstos nas versões do CDL e do SIGPOA que serviram à montagem da carga inicial do banco de dados, e cuja rejeição foi atribuída às dificuldades de levantamento descritas anteriormente.

Nos demais lotes, todos aceitos, o percentual médio de não conformidades variou de 2,3% a 5,9 %, com média geral de 4,7% e desvio padrão médio de 0,7%. Constata-se que os melhores resultados foram obtidos nos lotes relativos a zonas da cidade consolidada, onde as alterações em relação ao SIGPOA são pequenas ou mesmo inexistentes e os logradouros são pavimentados.

5 - Conclusões e recomendações

A consolidação do cadastro viário de Porto Alegre, cuja metodologia e implementação foram descritas em boa parte nos itens anteriores deste trabalho, representa a primeira etapa concreta do desenvolvimento e implantação do *GerPav*, o *Sistema de Gerência de Pavimentos do Município de Porto Alegre*. Sua realização, atualmente em estágio avançado, compõe a base necessária para a incorporação integrada dos demais componentes ao sistema. A partir da experiência adquirida na execução deste importante trabalho podem ser retiradas várias conclusões e recomendações.

Relativamente à questão da produção dos levantamentos, ficou clara no início dos trabalhos a complexidade da tarefa proposta. Soluções tradicionais de levantamentos em fichas de papel, com digitação posterior e tratamento em processadores de texto ou planilhas eletrônicas, inviabilizariam de pronto a execução. Somente com ferramentas de banco de dados seria possível a apropriação racional dos dados pré-existentes do CDL e SIGPOA, de modo a viabilizar a produção dos levantamentos de forma organizada e planejada. E aqui se fala da viabilização técnica tão somente. Portanto, a utilização intensa da tecnologia da informação desponta como obrigatória para este tipo de serviço, e o futuro aponta para uma intensidade e uma automação ainda maiores, com equipamentos portáteis (palmtops, aparelhos de GPS, etc), para se chegar a uma viabilização *latu sensu*. A quantificação deste trabalho em quilômetros de vias, numa extrapolação do que é usual em rodovias, definitivamente não é suficiente. A vinculação dos levantamentos a uma base de dados georeferenciados, como no

SIGPOA (v. considerações a respeito no item 2.2), é também extremamente importante, pelo imediato e imenso conjunto de informações postos à disposição logo no início (permitindo planejar a ida ao campo, p.ex.), pela capacidade de visualização e análise espaciais, e, na visão do sistema como um todo, pela facilidade que traz para a incorporação ao cadastro viário das informações dos outros componentes do sistema, de forma muito mais eficiente. A grande expansão, em boa parte desordenada, das cidades brasileiras introduz parâmetros novos e importantes, gerando, por exemplo, uma grande quantidade de vias e correspondente desatualização dos bancos de dados municipais.

A especificação do *GerPav* para atender os níveis de rede e de projeto determinou o nível de detalhamento geométrico exigido para os arcos e suas interseções. Além de atender as necessidades do *Sistema*, a precisão adotada traz benefícios para vários outros órgãos municipais como, por exemplo, a SPM, o DMAE, e a EPTC. Informações sobre delimitadores, e canteiros, por exemplo, servem a muitas questões operacionais e de dimensionamento de serviços para diversos órgãos. A numeração predial levantada serviu à atualização de dados anteriores da SMF, e é um parâmetro de localização geográfica importante não só para os diversos órgãos, como também para todos os que acessam o SIGPOA pela Internet. Estes são pontos importantes, porquê delineiam e facilitam uma via de mão dupla para as trocas de informação, na medida em que a SMOV/SCVU também precisa de informações destes órgãos para alimentar o *GerPav*

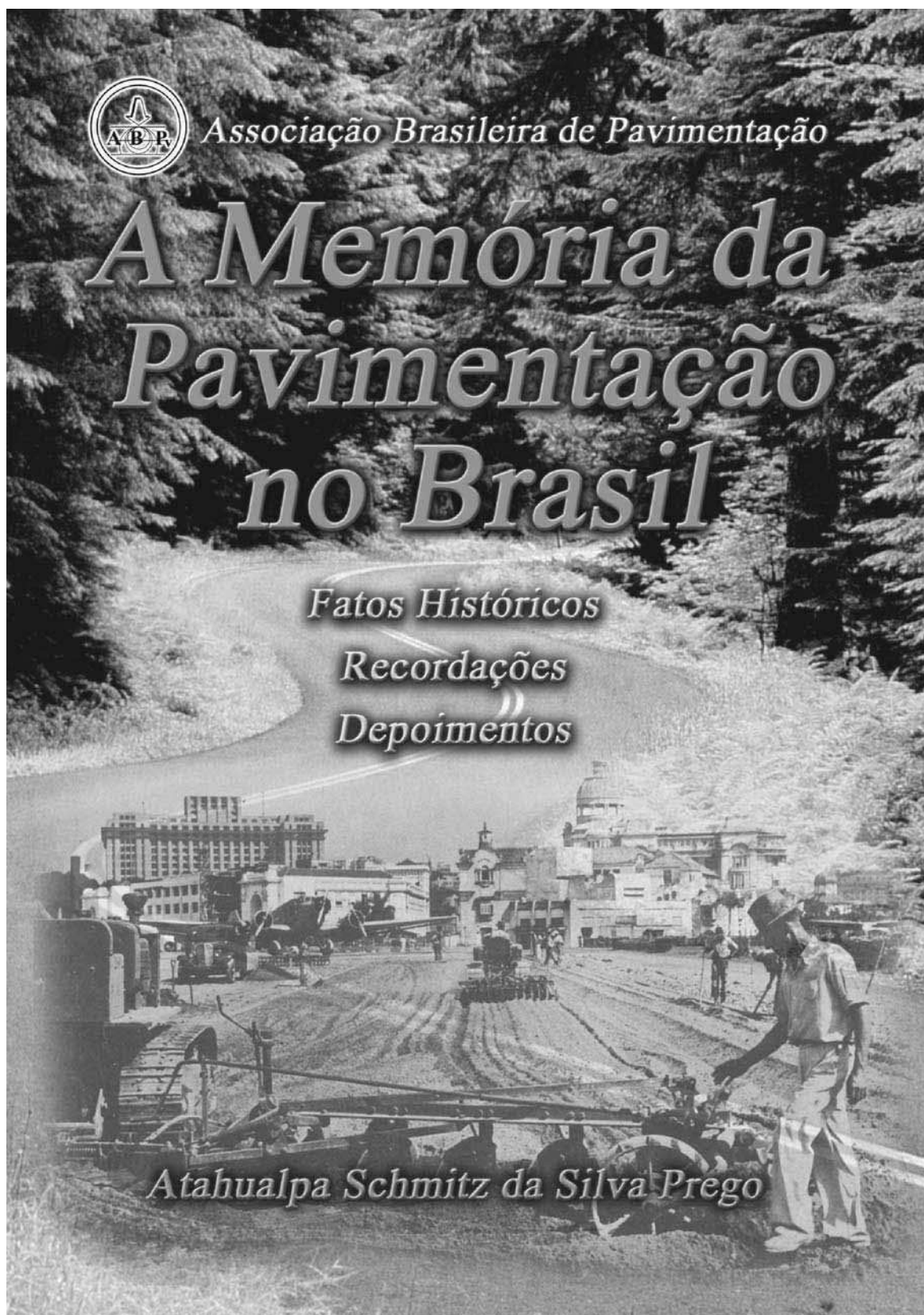
6 - Glossário

BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CMDUA	Conselho Municipal de Desenvolvimento Urbano Ambiental
CONSÓRCIO	Consórcio Etel-Strata
DCVU	Divisão de Conservação de Vias Urbanas
DEP	Departamento de Esgotos Pluviais
DMAE	Departamento Municipal de Águas e Esgotos
DMLU	Departamento Municipal de Limpeza Urbana
DNIT	Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes
EPO	Escritório de Projetos e Obras
EPTC	Empresa Pública de Transportes e Circulação
GERPAV	Sistema de Gerência de Pavimentos de Porto Alegre
METROPLAN	Companhia Metropolitana de Planejamento
PDDUA	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre
PMPA	Prefeitura Municipal de Porto Alegre
PROCEMPA	Companhia de Processamento de Dados do Município
SCVU	Supervisão de Conservação de Vias Urbanas

SIG	Sistema de Informações Geográficas. Um sistema computacional que permite armazenar e analisar as informações sobre um espaço geográfico. (Em inglês: GIS - Geographical Information System)
SMOV	Secretaria Municipal de Obras e Viação
SMT	Secretaria Municipal dos Transportes
SPM	Secretaria de Planejamento Municipal

7 - Referências bibliográficas

- [1] F.N.F., Ferreira, F.A., Danieleski, M.L., Waetcher Jr., O., Ferrer, P.R.F., e Viceconti, R.L., *Desenvolvimento e implantação do Sistema de Gerência de Pavimentos do Município de Porto Alegre*, in Anais da 12ª Reunião de Pavimentação Urbana, Aracaju, Novembro 2003
- [2]PMPA, *Sistema de gerência de pavimentos - Termo de referência*, Secretaria Extraordinária de Captação de Recursos e Cooperação Internacional, Porto Alegre, Dezembro 1997 (in *PMPA/SMOV/PDM Concorrência Pública Internacional No. 02.092017.00.0 (CI 60/00) Fase Final, Edital de Qualificação*)
- [3]Consórcio ETEL-STRATA, *Serviços de apoio ao desenvolvimento do sistema de gerência de pavimentos - Proposta técnica*, Porto Alegre, Outubro 2001
- [4]Consórcio ETEL-STRATA, *Serviços de consolidação de cadastro viário - Proposta técnica*, Porto Alegre, Outubro 2001
- [5]D'Ávila, A.L.M., *Bases de um sistema de gerência de estradas municipais do Estado do Rio Grande do Sul*, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos, 1996
- [6]PMPA, *Plano diretor setorial de transporte coletivo do Município de Porto Alegre*, SMT / EPTC, Maio 2000
- [7]Dau, F.N.F. et al, *Conservação de vias na cidade de Porto Alegre*, PMPA / SMOV / SCVU / DCVU, Porto Alegre, Dezembro 1996
- [8]PMPA, Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA) - Lei Complementar N° 434/99 e Legislação Regulamentadora, 1999
- [9]STRATA Engenharia, *Método Paragon Tomos I-VIII*, STRATA Engenharia, Belo Horizonte, 1997
- [10]PMPA/Consórcio ETEL-STRATA, *Sistema de gerência de pavimentos Cadastro viário Formulário de levantamento de campo Manual de preenchimento Versão 1.1*, Porto Alegre, Fevereiro 2003
- [11]Dau, F.N.F., E., Ferreira, F.A., G.A., Danieleski, M.L., Waetcher Jr., O., Ferrer, P.R.F., e Viceconti, R.L., *Desenvolvimento e implantação do sistema de gerência de pavimentos do Município de Porto Alegre*, in Anais da 12ª Reunião de Pavimentação Urbana, Aracaju, Novembro 2003



**A PINTURA HORIZONTAL A FRIO DE VIAS URBANAS EM CIDADES DE MÉDIO E PEQUENO PORTE:
MATERIAIS, EXECUÇÃO E CONTROLE.**

Me. Eng^o Fernando Augusto Baptistini Pestana

Prof. Dr. Eng^o Cassio Eduardo Lima de Paiva

1 - Introdução

Um marco significativo na área de trânsito ocorreu com a aprovação do novo CTB - Código de Trânsito Brasileiro, em 23 de setembro de 1997, que entre muitas inovações, introduziu o conceito da municipalização do trânsito. Assim, as competências existentes no Código anterior entre o Estado e o Município foram redivididas, dando mais responsabilidade a cada órgão do Sistema Nacional de Trânsito.

Desde então a municipalização do trânsito se iniciou de forma irreversível, demonstrando a consciência despertada pelo CTB sobre as questões relativas ao trânsito urbano, assunto de interesse direto das cidades e de seus habitantes. O código introduziu direitos que, se corretamente exercidos pela população, induzirão à maior qualidade dos padrões de serviço e segurança no convívio dos usuários do sistema viário, estejam eles na condição de motoristas ou na de pedestres. Esta nova postura exige do órgão municipal a descoberta das reais necessidades da população, procurando anteceder sua demanda com ações preventivas, bem como gerir corretamente os recursos de que dispõe a fim de implantar as medidas necessárias.

Aliado a isto, o sistema de trânsito municipal e, por conseqüência, as sinalizações viárias demandam recursos que, na grande maioria dos 5529 municípios, atingem a ordem de 2 a 3% do orçamento bruto. Destes municípios, pode-se considerar que cerca de 90 a 95% são classificados como sendo de pequeno e médio porte, e quase sempre não dispõem de recursos técnicos para uma adequada gestão do trânsito e, por conseqüência, para a sinalização aplicada.

Tornam-se então, necessários estudos de materiais e técnicas executivas que sejam adequados às necessidades dos municípios de pequeno e médio porte, a fim de auxiliar na gestão dos recursos disponíveis para aplicação no trânsito municipal.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar os ensaios de campo que foram realizados e que contribuíram para a elaboração de parte de uma especificação técnica para execução e controle de serviços de sinalização urbana horizontal pelo processo de pintura a frio visando atender as cidades de pequeno e médio porte.

2 - Caracterização do problema

Segundo a NBR 7396/97, os materiais utilizados em sinalização horizontal podem ser tintas, termoplásticos ou pré-fabricados.

As tintas são composições líquidas e subdividem-se em tintas de um ou de dois componentes. São tintas de um componente aquelas à base de resinas acrílicas, vinílicas, estireno butadieno, estireno acrilato, alquídica e emulsionadas em água. As tintas de dois componentes são aquelas compostas por resinas epóxi e poliuretano. O processo de pintura que utiliza tintas é conhecido como processo de pintura a frio.

Os termoplásticos são misturas constituídas por resinas, partículas sólidas (cargas, pigmentos e microesferas de vidro) e aditivos. Quanto ao tipo de aplicação, podem ser na forma de extrudados ou em spray. Os termoplásticos extrudados são aqueles no qual o material é aquecido para aplicação em temperaturas compatíveis com seu ponto de fusão, e sua aplicação é feita por dispositivos extrusores manuais ou mecânicos. Já nos de tipo spray, o material também é aquecido até atingir seu ponto de fusão, porém é pulverizado sobre o pavimento por projeção pneumática e/ou mecânica.

Os materiais pré-fabricados são os filmes, as películas ou as fitas, constituídos por resinas, partículas sólidas (cargas, pigmentos e microesferas de vidro, no caso de retrorrefletivas) e aditivos fornecidos em espessuras definidas por ocasião da fabricação, cuja aplicação é feita através de colagem no pavimento, na temperatura ambiente.

Existem, portanto, vários tipos de materiais que podem ser empregados em sinalização horizontal, sendo que cada tipo de sinalização possui suas particularidades quanto ao custo, à durabilidade e às características técnicas.

No caso dos municípios de pequeno e médio porte, no momento atual, o fator principal a ser considerado é o custo inicial de implantação da sinalização horizontal, uma vez que muitos destes municípios ainda não possuem sequer sinalização implantada em todas as suas vias, o que vai contra o Art. 88 do CTB, que diz: “Nenhuma via pavimentada poderá ser entregue após sua construção ou reaberta ao trânsito após a realização de obras ou de manutenção enquanto não estiver devidamente sinalizada, vertical e horizontalmente, de forma a garantir as condições adequadas de segurança na circulação”.

A tabela 1 apresenta uma comparação entre os diversos tipos de sinalizações horizontais para um VDM constante e mesmas características e condições de tráfego.

Sistema de demarcação	Espessura final (mm)	Custo do material aplicado (US\$/m ²)	Durabilidade em anos/meses	Custo de implantação em US\$ para 30m ²	Custo benefício (US\$ / mês)
Pintura a frio – aspersão	0,30 a 0,40	3.60 a 5.40	0,5 a 1 / 6 a 12	108 a 162	18 a 13.5
Pintura bicomponente	0,60	6.79	4 / 48	203.7	4.24
Termoplástico extrudado	3,00	12.86	3– 5 / 36– 60	385.8	10.72– 6.43
Termoplástico <i>hot spray</i>	1,50	8.93	2– 3 / 24– 36	267.9	11.16– 7.44
Laminado a frio	1,50	19.64	8 / 96	589.2	6.14

Tabela 1 : Tabela comparativa entre os diversos tipos de sinalizações horizontais para um VDM constante e mesmas características e condições de tráfego. Valor base do dólar comercial 1US\$ = R\$ 2,85 (data 10/07/2002).

Analisando a tabela 1 notamos que a pintura a frio, além de ser o tipo de sinalização horizontal de menor custo de implantação inicial, é a mais utilizada nos municípios de pequeno e médio porte devido a escassez de recursos que os mesmos possuem. Outra característica importante da pintura a frio é que em caso de haver necessidade de substituição das demarcações efetuadas por outro tipo de maior durabilidade, a pintura a frio possui compatibilidade com vários tipos de materiais, conforme demonstra a tabela 2.

Esta compatibilidade torna-se importante uma vez que, com o passar do tempo, os municípios vão se estruturando tecnicamente, desenvolvendo estudos que poderão resultar na necessidade de se utilizar determinados produtos mais resistentes às solicitações de tráfego.

Nova demarcação	Demarcação existente			Termoplástico Hot Spray
	Acrílica	Acrílica Solvente/água	Bicomponente	
Acrílica	+++	++	++	+
Acrílica – solvente / água	++	+++	++	+
Bicomponente	++	++	+++	0
Termoplástico <i>Hot Spray</i>	+	+	+	+++
Legenda: 0 = Zero; + = Regular; ++ = Boa; +++ = Excelente				

Tabela 2: Compatibilidade entre diferentes materiais de sinalização horizontal Modificado a partir de Sinalta Propista - Marcas Viales - Espanha.

Devido às vantagens apresentadas anteriormente e, considerando-se a grande utilização da pintura a frio nos municípios de pequeno e médio porte, este trabalho foi desenvolvido buscando-se produzir um método de controle de execução de serviços que proporcione aos municípios de pequeno e médio porte a realização de uma sinalização com durabilidade adequada, resultando em um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis.

3. Experimento para aplicação da especificação proposta

O experimento que resultou no método de aplicação e controle de execução de pintura a frio proposto foi executado no município de Sumaré SP levando-se em consideração os recursos que o mesmo possuía para a viabilização do estudo.

A tinta utilizada no experimento foi a tinta à base de resina acrílica, atendendo à especificação da DERSA OP 06 21, na cor branca (padrão *Munsell* N 9,5). Utilizou-se esta tinta por ser padronizada pela Prefeitura Municipal de Sumaré SP para as vias arteriais do município.

A pintura foi aplicada com um equipamento mecânico fornecido pela Prefeitura Municipal de Sumaré-SP, autopropelido, com dois tanques pressurizados para armazenamento de tinta com capacidade para 20 litros cada um e um reservatório para acondicionamento de microesferas do tipo *drop-on*.

As vias onde foram realizados os experimentos foram escolhidas por possuírem características de tráfego semelhantes e compatíveis com as características da tinta utilizada.

Considerando-se o VDM da via e o catálogo do fabricante, optou-se por utilizar uma película de filme úmido de espessura teórica de 0,6mm.

Inicialmente definiu-se um trecho de aproximadamente 2000 metros na Avenida João Argenton, área central do município, para a realização do experimento com corpos de prova em vidro com dimensões de 500 x 200 x 5mm de espessura. O resultado não foi satisfatório, uma vez que vários corpos de prova quebraram durante o experimento ou posteriormente a ele, prejudicando assim as medições propostas.

Depois definiu-se um trecho de 1600 metros na Rua Leonardo Schiavinatto, onde foram utilizados desta vez corpos de prova em aço com dimensões de 500 x 200 x 0,5mm de espessura. Os resultados obtidos também não foram satisfatórios devido à desuniformidade apresentada na superfície das chapas de aço, o que não permitia uma distribuição uniforme da película de tinta sobre a sua superfície.

Um ponto negativo observado tanto nos corpos de prova em vidro quanto nos corpos de prova em chapa foi o difícil manuseio devido ao tamanho previamente adotado.

O último experimento proposto foi executado na Avenida da Saudade, na região central do município, e consistiu na implantação de uma faixa tracejada, com 13 cm de largura, comprimento total de 300 metros e espessura úmida de 0,6mm, em um trecho plano, a fim de evitar variações bruscas tanto da velocidade da máquina quanto da pressão do sistema.

Foram utilizados então 10 corpos de prova, confeccionados em alumínio com dimensões aproximadas de 300 x 190 x 2,15 mm, os quais foram locados aproximadamente de 30 em 30 metros ao longo da via, perfazendo um total de 300 metros de experimento. Foram utilizados corpos de prova em alumínio devido a seu fácil manuseio e à regularidade da sua superfície.

A figura 1 apresenta um corpo de prova utilizado no experimento.

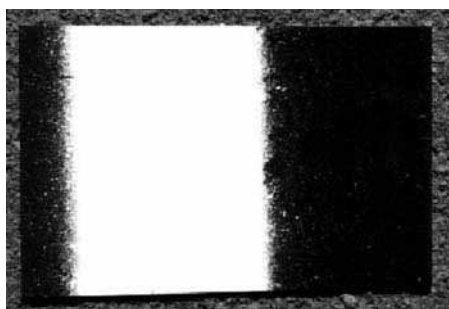


Figura 1: Corpo de prova em alumínio utilizado no experimento.

Cada corpo de prova em alumínio, então, foi previamente numerado e pesado. Foram efetuadas leituras do tempo que o equipamento levou para percorrer cada corpo de prova, a fim de determinar sua velocidade média. A velocidade é um item importante de controle, uma vez que influencia na espessura da película de pintura. Antes da aplicação da tinta nos corpos de prova, foram efetuados pré-testes a fim de se regular a velocidade e se ajustar a espessura de filme úmido desejado. Durante a aplicação da pintura sobre os corpos de prova, efetuou-se a leitura do filme úmido através do medidor em degraus ou pente (figura 2) e do tempo que a máquina de pintura levou para percorrer um corpo de prova e outro. Após a aplicação da pintura, foram efetuadas as leituras do filme seco, utilizando-se os métodos do relógio comparador, do micrômetro e da balança.

Figura 2: Medidor em degraus



A figura 3 ilustra um relógio comparador.

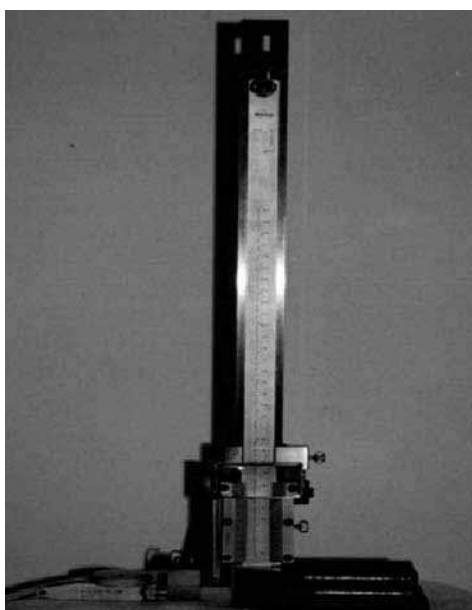


Figura 3: Relógio comparador.

A figura 4 apresenta um micrômetro:



Figura 4: Micrômetro

A figura 5 apresenta uma balança:

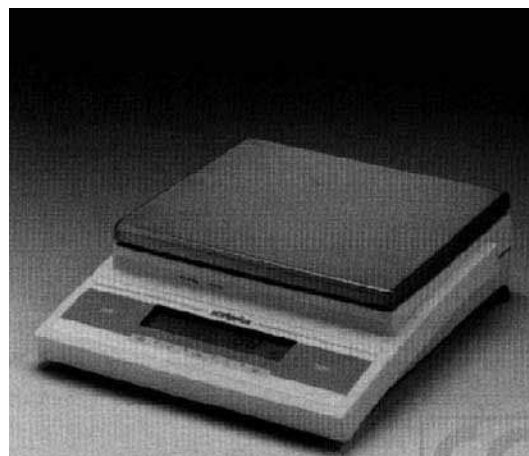


Figura 5: Balança. Fonte: BYK-Gardner.

Os dados obtidos pelos diversos métodos foram tabulados e comparados com os valores teóricos esperados, conforme demonstra tabela 3.

Analisando-se o gráfico 1, nota-se que o método da balança foi o que mais se aproximou da espessura seca teórica, uma vez que esse método compensa as quantidades de materiais depositados irregularmente na placa de alumínio, o que já não ocorre nos métodos do relógio comparador e do micrômetro.

O gráfico referente ao relógio comparador apresentou grandes variações devido à facilidade que apresenta para leituras em toda a superfície da placa. Este tipo de medição, porém, torna-se de difícil aplicação em prefeituras, uma vez que o aparelho é muito sensível a variações na superfície sobre a qual está apoiado, necessitando, desta forma, de blocos padrões para seu nivelamento e cuidados extras que dificultam a leitura de forma simples.

As leituras obtidas pelo micrômetro e pelo relógio comparador foram efetuadas conforme figura 6 e apresentaram também algumas variações com relação à espessura seca teórica. Estas variações ocorreram devido à má distribuição do filme sobre as placas de amostragem nos pontos específicos onde foram efetuadas as leituras. O ideal é que se obtenha um nivelamento da placa sobre o pavimento, a fim de não ocorrer deposição irregular de material. Ocorrendo este nivelamento, a espessura controlada pelo micrômetro torna-se mais adequada devido à sua precisão pontual.

De forma prática, pode-se avaliar que, para a leitura do filme úmido, o instrumento mais adequado e prático é o medidor em degraus ou pente, pelo seu fácil manuseio e precisão.

Em relação à medição de espessura de filme seco, o método da balança e o do micrômetro se complementaram, uma vez que o da balança apresentou uma espessura média de material depositado sobre a placa e o do micrômetro apresentou uma espessura de dez pontos previamente definidos.

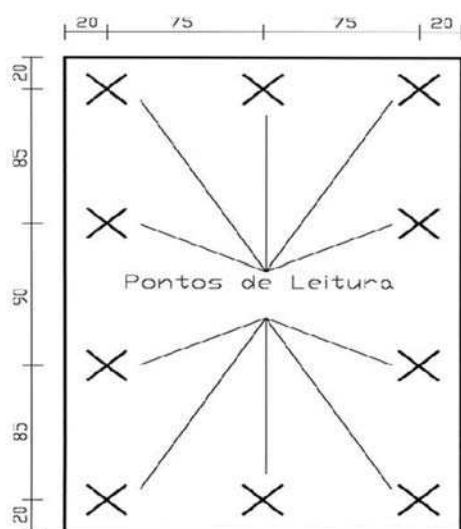


Figura 6: Corpo de prova com pontos marcados. Dimensões em milímetros.

Um ponto importante a salientar é que o fato de ocorrer acúmulo de tinta de um lado da faixa aplicada sobre o corpo de prova não significa que ocorreu o mesmo sobre o pavimento, uma vez que o pavimento, por possuir porosidade acentuada, oferece uma resistência natural ao escorregamento da tinta.

Outra observação interessante é que cada tipo de pistola de pintura possui características que influenciam na distribuição do perfil do filme, acrescentando às vezes mais material na área central do que nas bordas. Porém este detalhe requer mais experiência e um aprofundamento maior sobre a matéria, tornando-se, portanto, importante que se procure fixar os corpos de prova o mais plano possível, podendo-se fiscalizar desta forma a homogeneidade de distribuição do material por equipamentos como o micrômetro e o relógio comparador.

4. Análise dos resultados tabulados

A tabela do ensaio apresenta os dados referentes ao padrão de tinta utilizado, sua densidade, as dimensões do corpo de prova e a largura da faixa de pintura aplicada sobre o corpo de prova.

A coluna “Peso da placa sem aplicação de tinta (g)” representa o peso obtido da placa pela leitura em balança. De forma semelhante, a coluna “Peso da placa com aplicação de tinta (g)” representa o peso da placa obtido em balança após a aplicação da faixa de pintura com 0,13m de largura. Pela diferença entre ambas obteve-se a coluna referente a “Peso da tinta aplicada”.

A coluna “Tempo(s)” corresponde ao tempo medido quando o equipamento partiu da placa número 1 e foi sendo anotado quando da passagem por todas as placas até atingir a placa número 10. O mesmo procedimento foi adotado na determinação da coluna “Distância percorrida(m)”, sendo que o tempo total em segundos e a distância total em metros do trecho do experimento corresponderam a, respectivamente, 409 segundos e 300 metros. Estes dados foram

necessários para o cálculo da velocidade média que o equipamento levou para percorrer cada placa, expressa nas colunas “Velocidade média em metros por segundo” e “Velocidade média em quilômetros por hora”. O resultado obtido em quilômetros por hora em cada ponto foi expresso no gráfico velocidade média x placas.

O gráfico velocidade média x placas apresenta a velocidade média desenvolvida pelo equipamento durante o experimento. As pequenas oscilações na velocidade podem ter ocorrido devido a variações no sistema motor-compressor do equipamento, uma vez que o equipamento utilizado foi uma máquina de pintura auto-propulsora de pequeno porte. No equipamento utilizado, um único motor movimenta a roda da máquina para o deslocamento e aciona também o sistema de compressão. Portanto, qualquer variação de pressão que solicite além da capacidade de armazenamento do tanque da máquina ou provoque oscilação no pavimento pode gerar uma pequena variação na velocidade. Outro fator que pode ter influenciado seria a leitura do tempo entre os trechos, efetuada de maneira visual por elemento humano.

A coluna referente a “Espessura da placa em milímetros obtida através do micrômetro” corresponde à média aritmética de dez leituras efetuadas em pontos predeterminados da placa de alumínio sem a aplicação de pintura.

As colunas referentes a “Espessura seca média obtida pelo micrômetro em milímetros” e “Espessura seca média obtida pelo relógio comparador em milímetros” correspondem à média aritmética de dez leituras efetuadas em pontos predeterminados da placa de alumínio com a aplicação de pintura.

A coluna “Espessura seca obtida pela balança em milímetros” apresenta o resultado obtido pela aplicação da fórmula densidade é igual à massa da tinta aplicada dividida pelo volume de tinta aplicada. A densidade é conhecida pela análise laboratorial da tinta, e a massa de tinta aplicada foi obtida pela coluna “Peso da placa com aplicação de tinta em gramas”. Sabendo-se que o volume do filme de tinta aplicado é obtido pela área pintada vezes a espessura do filme de tinta, uma vez conhecida a área com a multiplicação da largura da placa (190 mm) pela largura da faixa (130mm), obteve-se a espessura média do filme aplicado. Cabe ressaltar que as placas de alumínio foram colocadas com o lado maior (ou seja, 300mm) voltado perpendicularmente à direção de deslocamento do equipamento de pintura.

A coluna referente a “Espessura úmida obtida pelo pente em milímetros” foi obtida por leitura direta no centro do retângulo formado pelo filme de pintura úmido aplicado sobre a chapa. O método utilizado para esta leitura foi o do medidor em degraus ou pente.

A coluna referente a “Espessura seca teórica em milímetros” foi obtida com a multiplicação de 0,68 pelo valor da coluna “Espessura úmida obtida pelo pente em milímetros”.

O gráfico espessuras x placas apresenta o comportamento das espessuras obtidas pelos diversos métodos, bem como a espessura úmida e a espessura seca teórica.

Graficamente, podemos notar que a espessura seca obtida pelo método da balança é a que mais se aproxima do gráfico de espessura seca teórica. Isto ocorre porque o método da balança considera o total de tinta aplicado sobre a placa,

porém não analisa como a película de pintura está aplicada sobre a placa, o que ocorre no método do micrômetro.

A espessura seca obtida pelo relógio comparador sofreu variações em torno da espessura seca teórica. Isto ocorreu devido à sensibilidade do aparelho e à dificuldade de seu manuseio. Notamos também que, apesar de terem ocorrido pequenas variações de velocidade, as espessuras apresentadas não variaram significativamente

5. Conclusões

Os materiais apresentados neste trabalho para sinalização horizontal pelo processo de pintura a frio são os mais encontrados e utilizados no mercado, sendo que, no caso específico da tinta acrílica, ela é largamente utilizada em municípios e em rodovias devido a seu baixo custo e rendimento satisfatório na maioria das situações empregadas. O baixo custo de implantação deste tipo de demarcação viária torna possível um atendimento mais imediato das necessidades de sinalização, conforme determina o CTB.

Os diversos órgãos estudados, sejam eles rodoviários ou municipais, apresentam suas especificações tanto para tintas quanto para serviços. Não foi encontrada nenhuma especificação que atenda totalmente aos municípios menores, porém, após análise detalhada de todas as especificações, foi efetuada uma especificação que atende de forma geral às necessidades iniciais dos municípios de pequeno e médio porte, tanto no tocante a materiais como a execução e controle de serviços. Tal especificação padrão, no item referente a materiais, apresenta desde a padronização na utilização de tintas, com a adoção de características técnicas que atendam de forma satisfatória às solicitações de tráfego existentes nos municípios menores, até a adoção de ensaios laboratoriais para análise do produto adquirido. Quanto a metodologia de medição de espessuras, sejam elas úmidas ou secas, foram apresentados alguns métodos possíveis de se utilizar para este tipo de controle.

O método do relógio comparador apresentou-se de difícil aplicação em campo, uma vez que o equipamento para realizar leituras necessita de uma superfície totalmente plana, o que foi conseguido somente em laboratório, utilizando uma mesa com bloco padrão perfeitamente nivelado. Já os métodos da balança e do micrômetro vieram a completar o controle, uma vez que o método da balança mede a quantidade total de material depositado sobre o corpo de prova, porém não analisando a uniformidade de sua distribuição.

O micrômetro, por sua vez, retira leituras de pontos específicos, permitindo desta forma analisar a distribuição do filme e verificar se ele está distribuído regularmente sobre a superfície do corpo de prova. Considerando-se a leitura de filme úmido, na prática, o medidor em degraus ou pente apresentou-se de fácil manuseio e boa precisão. Pelos motivos apresentados, foi indicado na especificação proposta o controle de espessura úmida pelo método do medidor em degraus ou pente e o controle de espessura seca pelos métodos da balança e do micrômetro.

O experimento, de maneira geral, veio atingir o objetivo proposto, uma vez que foi possível, por ele, desenvolver uma metodologia de trabalho que possa atender aos requisitos mínimos para a garantia de um bom serviço

de sinalização horizontal.

No tocante ao município de Sumaré SP, a metodologia proposta nesta pesquisa veio a incrementar alguns procedimentos já implantados, permitindo a melhoria e o aperfeiçoamento dos serviços que vinham sendo executados. Após a implantação desta metodologia, a sinalização implantada, que está sendo toda catalogada e registrada, receberá acompanhamento, a fim de ser analisada quanto à durabilidade proposta, o que permitirá futuras alterações de especificações técnicas de tintas e formas de aplicação. Este acompanhamento será de grande valia, pois, por ele, pode-se adotar, por exemplo, a aplicação de diferentes espessuras de pintura de acordo com o tráfego local ou aplicar-se determinadas especificações de tintas de acordo com a classificação das vias, o que resultará no correto gerenciamento dos recursos disponíveis.

É fundamental que as prefeituras de menor porte implantem mecanismos de controle de qualidade de seus serviços, principalmente no tocante à sinalização horizontal pelo processo de aspersão a frio, que é objeto deste trabalho. A implantação destes mecanismos garante, com certeza, um serviço de melhor qualidade e durabilidade, permitindo, desta forma, um bom gerenciamento dos escassos recursos disponíveis, bem como uma melhor segurança ao usuário do sistema viário.

A especificação proposta foi resultado de ampla análise crítica das especificações de organismos nacionais e internacionais de grande relevância. Ela apresenta itens que são comuns aos organismos citados e é complementada com itens que atendam às reais necessidades dos municípios de menor porte.

Outra característica da especificação proposta é que, para a sua implantação, necessita-se de investimento de recursos de pequena monta que, comparados aos valores dos serviços.

6. Referências bibliográficas

- (1) ASSIS, W. A. "Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia". *Revista da Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas ABRAFATI*. Volume 1, 1a Edição, São Paulo: Textonovo Editora e Serviços Editoriais Ltda., 1993, p. 456 a 484.
- (2) *AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS ASTM. Standard Practice for Conducting Road Service Tests on Fluid Traffic Marking Materials (D713 90). (Reapproved 1998).*
- (3) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. Material para sinalização horizontal (NBR 7396). Rio de Janeiro, 1987.
- (4) _____. *Tintas para sinalização horizontal à base de resina acrílica (NBR 11862)*. Rio de Janeiro, 1992.
- (5) CLARK, P. J. *Reflectorized Pavement Marking Paints*. State of New York-US, Department of Transportation, Engineering Instruction, EI 99-021, 2 p., 18/06/99 <http://www.dot.state.ny.us/cmb/consult/eib/files/ei99021.pdf>
- (6) CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO - CTB. Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997, modificada pelas Leis nº 9.602 de 21 de janeiro de 1998 e nº 9.792 de 14 de abril de 1999. São Paulo: Saraiva. Coleção Saraiva de Legislação, 2001, 4a edição, 218 p.
- (7) COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO CET. *Execução de sinalização horizontal com tintas aplicadas a frio (ET-SH-01)*. São Paulo, 1994.

- (8) DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO DER. *Especificações e métodos de ensaios de materiais de sinalização rodoviária*. Caderno técnico nº 6. São Paulo, 1990.
- (9) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM DNER. *Obras complementares sinalização horizontal* (ES-339/97). Rio de Janeiro, 1997.
- (10) _____. *Tinta à base de resina acrílica para sinalização rodoviária horizontal* (EM-368/97). Rio de Janeiro, 1997.
- (11) DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. DERSA. *Especificação técnica de tinta acrílica para sinalização horizontal* (OP-06-21). São Paulo, 1989.
- (12) _____. *Instrução para aplicação de tinta e esferas de vidro para sinalização horizontal* (OP-06-23). São Paulo, 1989.
- (13) EMPRESA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO DE CAMPINAS S.A. EMDEC. *Especificações técnicas Material de Sinalização Horizontal Tinta à base de resina acrílica cor branca norma especial* (EMDEC-SH 0200, MSH0200. MSV0211). Campinas: EMDEC, 1998.
- (14) HOMBURGER W. S. *Transportation and Traffic Engineering Handbook* ITE -Institute of Transportation Engineers. New York: Editora Prentice-Hall, Inc., s/d, 2ª edição, p.729 a 732.
- (15) Indutil: Catálogos Técnicos. Indutil Indústria de Tintas Ltda. São Paulo.
- (16) Instruments. Byk Gardner. Columbia, MD 21046, USA, 2001.
- (17) *Matériel de marquage* Euroliners. Boulay France. 6 p. s/d.
- (18) OIE, C. *Construction Engineer Permanent Pavement Marking (Paint)*. State of Nebraska-US, Department of Roads, Addendum nº 1, Project nº S-275-7 (1029), Control nº 20796C, Call order nº 04, On US-275 Northwest of Valley Letting Date: May 3, 2001, 4 p. [Http://www.dor.state.ne.us/letting/c-let-010503/n04ad105.pdf](http://www.dor.state.ne.us/letting/c-let-010503/n04ad105.pdf)
- (19) RANGEL, A.R. *Boletins Técnicos*. Hot Line Indústria e Comércio Ltda., Guarulhos-SP, 2001.
- (20) *Traffic Paint*. State of Ohio-US, Item 642, 2 p. <http://www.dot.state.oh.us/spec/642.htm>.

APÊNDICE I

Procedimentos para execução de pintura a frio pelo processo de aspersão em cidades de pequeno e médio porte:

Objetivos: Esta especificação técnica tem como objetivos padronizar os materiais para utilização em sinalização horizontal utilizando-se pintura a frio, bem como estabelecer procedimentos de execução de serviços e controle que garantam a qualidade da sinalização horizontal implantada em municípios de pequeno e médio porte.

Execução de serviços:

- Tipo: Pintura mecanizada aplicada pelo processo de aspersão a frio.

Condições gerais

- Não é permitida a utilização de pintura pelo processo manual.
- A pintura deverá ser aplicada por equipamento mecanizado, autopropulsor e com dispositivos que permitam a aplicação da pintura de acordo com esta especificação.
- A espessura úmida da camada de tinta aplicada deverá ser de 0,60mm.
- A superfície a ser pintada deve apresentar-se seca, livre de sujeira ou qualquer outro material estranho (óleos, graxas, etc.) que possam prejudicar a aderência do material ao pavimento. Para tanto, a limpeza do pavimento deve ser feita pela varrição manual ou mecanizada, aplicação de jato de ar ou lavagem. No caso de lavagem do pavimento, deve-se esperar o pavimento secar antes da aplicação da pintura. A secagem do pavimento poderá ser

- efetuada pela ação do tempo (evaporação) ou acelerada por ventiladores, de acordo com a urgência do serviço.
- Quando a superfície a ser sinalizada não apresentar marcas existentes que possam servir de guias, deve ser feita uma pré-marcação antes da aplicação da tinta na via, a qual deve seguir as cotas apresentadas em projeto específico.
 - Deve ser aplicado material suficiente, de forma a produzir marcas com bordas claras e nítidas e uma película de cor e largura uniformes. A tinta deve ser aplicada de tal forma a não ser necessária nova aplicação para atingir a espessura especificada.
 - A pintura deverá ser aplicada nas seguintes condições climáticas:
 - a) Temperatura ambiente entre 10°C e 40°C
 - b) Umidade relativa do ar até 90%
 - c) Temperatura do pavimento entre 5 e 60°C
 - A pintura não deverá ser efetuada em dias de muito vento.
 - A pintura aplicada deverá ser protegida durante o tempo de secagem, somente podendo ser exposta ao tráfego de veículos e pedestres após a sua cura completa.

Controle de serviços:

- **Tipo:** Controle de espessura úmida.

Condições gerais:

- Antes do início dos trabalhos de sinalização, deve-se analisar as condições climáticas a fim de se verificar se as mesmas estão compatíveis com os requisitos citados anteriormente.
- Após a verificação anterior, deve-se efetuar pré-verificações no equipamento de pintura, preparando-o para o serviço. Fazem parte das pré-verificações a drenagem de água do sistema de compressão, ajustes de válvulas, limpeza e regulagem da pistola de pintura, checagem de filtros; ou seja, todos os ajustes recomendados pelo manual do fabricante do equipamento.
- Após as verificações iniciais do equipamento, deve-se realizar pré-testes a fim de se regular a velocidade do equipamento, a pressão do sistema e outras variáveis que influenciam na espessura do filme de pintura, obtendo-se, desta forma, a espessura de filme desejada tão logo seja iniciada a demarcação.
- Deve-se definir claramente o trecho no qual vai ser aplicada a pintura, determinando-se o comprimento total, função e características da sinalização a ser efetuada, realizando-se posteriormente as pré-marcações necessárias.
- Após a realização das pré-marcações, distribuem-se sobre o trecho a ser sinalizado corpos de amostragem da tinta confeccionados em chapas de alumínio, com superfície lisa, livre de ondulações e com dimensões de 200mm x 300mm x 2mm.
- Deve-se distribuir os corpos de prova proporcionalmente ao longo do trecho a ser sinalizado, utilizando-se no mínimo 9 (nove) amostras por trecho de sinalização implantada. Entende-se por trecho implantado aquele no qual o equipamento de pintura não sofreu paradas nem variações em seus ajustes iniciais.
- Imediatamente após a aplicação da tinta pelo equipamento de pintura no pavimento, deve se pulverizar microesferas do tipo *drop-on*, na proporção especificada.
- Para o controle de espessura úmida, deverá ser utilizado o medidor em degraus ou pente, sendo que a medição de espessura deve ser sempre efetuada sem a adição de microesferas de vidro.
- Para o controle de espessura seca deverão ser utilizados os métodos da balança e do micrômetro sem a adição de microesferas de vidro à tinta.
- Após a aplicação da pintura, deverá ser adotado um procedimento que registre a data, o tipo de sinalização e os dados referentes ao tráfego, bem como a geometria do local, a fim de formar histórico e possibilitar futura avaliação de desempenho do material utilizado.

Critérios de Medição e Aceitação de Serviços:

- Tipo:** Medição por metros quadrados aplicados.

Condições gerais:

- A pintura executada deverá ser medida após cada serviço. As quantidades serão apuradas da seguinte maneira:
 - a) na medição de letras, símbolos ou algarismos, será computada a área do retângulo que envolve cada letra;
 - b) todas as demais medições serão calculadas tomando-se por base as áreas efetivamente pintadas.
- A durabilidade da sinalização aplicada (material e aplicação ou somente aplicação) sobre pavimentos asfálticos, suportando tráfego de até 10.000 (dez mil) veículos/dia, independentemente dos ensaios e das vistorias, deverá ser de:
 - a) 6 (seis) meses para 100% da metragem total aplicada de cada ordem de serviço;
 - b) 9 (nove) meses para 80% da metragem total aplicada de cada ordem de serviço;
 - c) 12 (doze) meses para 60% da metragem total aplicada de cada ordem de serviço.
- Na execução de marcas retas, qualquer desvio das bordas excedendo 0,01m em 10m deve ser corrigido;
- A largura das demarcações deve obedecer ao que foi especificado no projeto, admitindo se uma tolerância de $\pm 5\%$;
- O pagamento será efetuado por metro quadrado de área pintada, medida conforme descrito anteriormente.

ANEXO IV

Tinta: padrão DERSA OP/06/21		Tinta: padrão DERSA OP/06/21		Tinta: padrão DERSA OP/06/21		Tinta: padrão DERSA OP/06/21		Tinta: padrão DERSA OP/06/21		Tinta: padrão DERSA OP/06/21		Tinta: padrão DERSA OP/06/21		Tinta: padrão DERSA OP/06/21		Tinta: padrão DERSA OP/06/21		Tinta: padrão DERSA OP/06/21	
densidade = 1,35 g/cm ³		densidade = 1,35 g/cm ³		densidade = 1,35 g/cm ³		densidade = 1,35 g/cm ³		densidade = 1,35 g/cm ³		densidade = 1,35 g/cm ³		densidade = 1,35 g/cm ³		densidade = 1,35 g/cm ³		densidade = 1,35 g/cm ³		densidade = 1,35 g/cm ³	
dimensões do corpo de prova: 30cm x 15cm		dimensões do corpo de prova: 30cm x 15cm		dimensões do corpo de prova: 30cm x 15cm		dimensões do corpo de prova: 30cm x 15cm		dimensões do corpo de prova: 30cm x 15cm		dimensões do corpo de prova: 30cm x 15cm		dimensões do corpo de prova: 30cm x 15cm		dimensões do corpo de prova: 30cm x 15cm		dimensões do corpo de prova: 30cm x 15cm		dimensões do corpo de prova: 30cm x 15cm	
largura da faixa: 0,13m (130mm)		largura da faixa: 0,13m (130mm)		largura da faixa: 0,13m (130mm)		largura da faixa: 0,13m (130mm)		largura da faixa: 0,13m (130mm)		largura da faixa: 0,13m (130mm)		largura da faixa: 0,13m (130mm)		largura da faixa: 0,13m (130mm)		largura da faixa: 0,13m (130mm)		largura da faixa: 0,13m (130mm)	
Item	Número da placa	Material da placa	Peso da placa sem aplicação de tinta (g)	Peso da placa com aplicação de tinta (g)	Peso da tinta aplicada (g)	Tempo (s)	Distância perc. (m)	Veloc. Média em (m/s)	Veloc. Média em (km/h)	placa (mm)	Umida pente (mm)	Seca teórica (mm)	Seca média (mm) micrôm.	Seca média (mm) rel. comp.	Seca (mm) balança				
1	1	alumínio	314,95	328,02	13,07	42	30	0,71	2,57	2,14	0,55	0,37	0,31	0,39	0,39				
2	2	alumínio	314,57	327,05	12,48	83	60	0,73	2,63	2,11	0,55	0,37	0,28	0,34	0,37				
3	3	alumínio	313,58	327,5	13,92	128	90	0,67	2,40	2,10	0,55	0,37	0,34	0,53	0,42				
4	4	alumínio	315,42	329,1	13,68	166	120	0,79	2,84	2,10	0,6	0,41	0,35	0,32	0,41				
5	5	alumínio	316,09	329,42	13,33	202	150	0,83	3,00	2,13	0,6	0,41	0,32	0,38	0,40				
6	6	alumínio	314,29	328,06	13,77	251	180	0,61	2,20	2,10	0,55	0,37	0,31	0,30	0,41				
7	7	alumínio	321,9	334,48	12,58	290	210	0,77	2,77	2,14	0,6	0,41	0,36	0,38	0,38				
8	8	alumínio	321,19	334,12	12,93	330	240	0,75	2,70	2,15	0,6	0,41	0,32	0,17	0,39				
9	9	alumínio	313,42	325,78	12,36	366	270	0,83	3,00	2,12	0,55	0,37	0,28	0,42	0,37				
10	10	alumínio	310,53	324,59	14,06	409	300	0,70	2,51	2,08	0,55	0,37	0,33	0,17	0,42				

Considerando-se os itens de 01 a 10:	
Espessura úmida média (mm)	0,57
Espessura seca teórica (mm)	0,39
Espessura seca média pelo micrômetro (mm)	0,32
Espessura seca média pela balança (mm)	0,40
Espessura seca média pelo relógio comparador (mm)	0,34

Velocidade Média x Placas

Espessuras x Placa



Associação Brasileira de Pavimentação

Confira os temas dos Cursos Programados para 2006.

- Drenagem de Pavimentos
- Sinalização e Segurança Viária
- Materiais e Misturas Asfálticas
- Avaliação Estrutural de Pavimentos
- Curso Avançado de Pavimentação Urbana
- Custos Rodoviários (Composição)
- Concessões de Serviços Públicos
- Sistemas Inteligentes de Transportes
- Pavimentos de Aeroportos

As datas dos cursos serão confirmadas. Acompanhe sempre a programação.

<http://www.abpv.org.br>

abpv@abpv.org.br

INFLUÊNCIA DA ESTABILIZAÇÃO QUÍMICA E MECÂNICA NO COMPORTAMENTO DE SOLOS FINOS COMPACTADOS

Anna Karina C. Delgado

José Camapum de Carvalho

Fabício B. F. Cardoso

Resumo:

A busca de novos materiais para uso em estruturas de pavimento vem se tornando cada vez mais necessária em consequência da escassez dos materiais convencionais, das limitações ambientais e ainda, devido aos elevados custos de transportes. A existência de jazidas de solos tropicais em abundância, mas que nem sempre têm apresentado capacidade de suporte satisfatória para uso como material de pavimentação, devido em parte às técnicas de ensaio adotadas; tem gerado a necessidade de estudos complementares objetivando o uso desses materiais como material alternativo para pavimentos de baixo custo. No Brasil o dimensionamento das estruturas de pavimento é feito, quase na totalidade, utilizando-se resultados de CBR obtidos a partir de amostras inundadas, apesar de a umidade de equilíbrio na obra se situar muitas vezes abaixo da própria umidade de compactação. O presente estudo analisa então o comportamento de 3 tipos solos finos não saturados no estado natural e estabilizados quimicamente com um teor de 2% de cal hidratada. Os solos foram compactados tanto dinamicamente como estaticamente utilizando-se 3 níveis de energia. Observou-se que o comportamento estrutural analisado em termos de mini-CBR, está diretamente relacionado à umidade de compactação utilizada e a adição da cal hidratada, assim como às características granulométricas, químicas e mineralógicas das jazidas.

Palavras-Chave: Estabilização, Solos Não Saturados, Pavimentação.

1- Introdução

Em se tratando da pavimentação urbana de baixo custo, as peculiaridades regionais possuem grande importância e estas só podem ser consideradas através do uso de uma metodologia apropriada. Sendo assim, os procedimentos tradicionais, geralmente de origem estrangeira, não podem ser utilizados adequadamente no Brasil, pois se baseiam no comportamento dos solos e materiais que ocorrem em países de climas temperados a frio e, no fato de que seus pavimentos se acham muitas vezes num ambiente caracterizado pelo inverno rigoroso, que pode ocasionar o congelamento dos mesmos. Em 1981, Nogami & Villibor apresentaram ao meio rodoviário Brasileiro, a metodologia MCT. Esta metodologia é baseada nas propriedades mecânicas e hídricas dos solos tropicais. A metodologia MCT apresenta grande praticidade, pois os ensaios laboratoriais dela característicos, são realizados com moldes pequenos, possuindo 5 cm de diâmetro e 13 cm de altura.

Muito embora esta metodologia tenha representado um avanço, o processo de dimensionamento de pavimentos ainda se dá em termos de valores de CBR nas condições inundadas, portanto sem a inclusão de uma variável, denominada sucção, que influi de forma significativa na resistência ao cisalhamento e no módulo resiliente.

No entanto, inserir-se um valor de sucção, em termos de projeto, é de difícil utilização prática, uma vez que esta varia consideravelmente devido às alterações ambientais presentes em climas tropicais, podendo produzir deformações irreversíveis e/ou reversíveis nos materiais do pavimento, assim como afetar a deformabilidade elástica dos materiais no ensaio de determinação do módulo de resiliência. Sendo assim, torna-se essencial estudar o comportamento mecânico dos solos finos lateríticos compactados buscando cobrir uma faixa de variação de sucção, considerando ainda a influência da estabilização química, uma vez que esta é comumente usada para fins de melhoria da capacidade de suporte, principalmente em rodovias de baixo volume de tráfego. O estudo será apresentado tanto em termos de variação da sucção com a incorporação da cal hidratada como de variação de capacidade de suporte do solo com a mesma.

Uma vez que a maioria das rodovias e vias urbanas do Distrito Federal são implantadas em solos intemperizados em estado não saturado, que começam a ser utilizados em estruturas de pavimento, justifica-se o estudo de dois tipos de solos característicos da região, considerando o material natural e estabilizado com 2% de cal hidratada, e ainda inserindo-se como variável três teores de umidade de compactação distintos.

2- Aspectos gerais dos solos do distrito geral

Grande parte das regiões tropicais, na qual se insere o Distrito Federal (DF), encontra-se recoberta por um manto de solo intemperizado não saturado de espessura variável. Regionalmente, o lençol freático encontra-se a mais de 20 metros de profundidade sendo a camada não saturada normalmente constituída de um solo poroso de comportamento colapsível. A composição mineralógica destes solos está relacionada principalmente aos processos de intemperismo, especialmente a laterização. Na camada de solo mais superficial e intemperizada predominam a caulinita, os óxido-hidróxidos de alumínio (gibbsita) e ferro (hematita e/ou goetita) e o quartzo que geralmente se faz presente. Neste perfil de solo o teor de caulinita tende a aumentar e o de gibbsita tende a diminuir à medida que a profundidade aumenta (Araki, 1997). Os argilominerais 2:1 como é o caso da illita geralmente só se fazem presentes a partir da zona mosqueada, que é a transição entre o solo profundamente intemperizado e o solo saprolítico. A textura dos solos porosos é predominantemente

argilosa podendo, em alguns casos, apresentar-se arenosa ou siltosa. Segundo diversos autores (Cardoso et al., 1998, Cardoso, 2002, Paixão & Camapum de Carvalho, 1994, etc) representa característica comum ao solo intemperizado regional, a presença de agregações que se relacionam à presença de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. A presença destas agregações, por sua vez dá origem a uma microestrutura importante para as suas propriedades e comportamento. Esta microestrutura sendo constituída por poros diferenciados em termos de inter e intragregados (Araki, 1997). A estabilidade estrutural destes solos esta diretamente ligada à natureza das ligações existentes intra e inter agregados. No entanto, considerando-se os solos compactados estas não se apresentam geralmente como definidoras do parâmetro de resistência (miniCBR).

2.1- Caracterização dos solos estudados

Os solos estudados foram denominados de SF4 e HB11. São materiais característicos de determinadas regiões do Distrito Federal, tendo sido inicialmente estudados por Cardoso (2002), como parte de sua Tese de Doutorado em Geotecnia. O referido autor enfatizou prioritariamente os aspectos químico e mineralógico da estrutura dos materiais naturais.

O solo denominado SF4 constitui-se de um saprólito fino de ardósia. Este foi coletado sob um corte de estrada no km 10 da DF-005, próximo ao entroncamento com a rodovia DF-215, que dá acesso a cidade satélite do Paranoá. O material deformado foi retirado entre as profundidades de 100 e 130 cm, possuindo cor predominante cinza clara a bruna-avermelhada, textura argilo-areno-siltosa e, apresentando formação de agregados e porosidade primária visíveis a olho nu. É heterogêneo, com a presença de uma clivagem ardosiana subvertical e poucas raízes.

O segundo tipo de solo (HB11), se trata de um latossolo de textura média, coletado entre as profundidades 100 a 130 cm. Este horizonte está situado em um corte de estrada, na altura do km 14,5 da rodovia BR-020. Suas características podem ser resumidas em: cor vermelha-amarelada, textura argilo-arenosa, grande quantidade de agregados granulares e pequenos poros. Visualmente é homogêneo e isotrópico, sem a presença de descontinuidades e apresenta raízes em pequenas quantidades. O substrato é rochoso e formado por quartzito.

3- Estabilização dos solos

Muitas vezes os solos lateríticos encontrados no local da obra não apresentam as características necessárias para suportar os esforços a que serão submetidos nas vias pavimentadas. Para viabilizar sua utilização apresenta-se como solução, a incorporação de outros materiais químicos ou não ao solo. Vários tipos de estabilização podem ser realizados (solo-brita, solo-cal, solo-emulsão, etc). No entanto, este item se referencia com mais detalhes apenas ao processo de estabilização utilizado no presente trabalho, o solo-cal.

Os tipos de cal mais utilizados em estabilização de solos são: cal cálcica hidratada- $\text{Ca}(\text{OH})_2$, cal dolomítica monohidratada- $\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgO}$, cal virgem- CaO e cal dolomítica virgem- $\text{CaO} \cdot \text{MgO}$. Estes produtos se diferenciam pela rocha de origem e pelo processo de fabricação (calcinação), sendo que a cal cálcica hidratada é a mais utilizada para fins rodoviários.

Geralmente, a cal reage com um solo de granulometria média a fina para produzir reduções na sua plasticidade e expansão, e aumento na sua trabalhabilidade e resistência ao cisalhamento (Nóbrega, 1991). Logo, o ganho na capacidade de suporte se torna o principal objetivo da estabilização. Portanto, devem ser produzidas misturas que tenham propriedades mecânicas e hidráulicas satisfatórias, sem que haja grandes mudanças nas mesmas com a ação do intemperismo.

Dentre os solos mais reativos à ação da cal, estão as argilas, argilas siltosas, cascalhos argilosos, solos classificados pela AASHO como A-5, A-6 e A-7 e solos classificados pelo SUC como CH, CL, MH, ML, SC, SM, GC e GM (Lima, 1981). Segundo Pinto (1978) existe uma grande demanda para o emprego de misturas solo-cal, principalmente em rodovias secundárias de trânsito pequeno.

Quando a cal é misturada ao solo ocorrem várias reações químicas simultaneamente, sendo que as reações geralmente identificadas são: troca catiônica, floculação, carbonatação e reações pozolânicas (Nóbrega, 1991). Além disso, a adição de um percentual significativo de cal ao solo provoca aumento da solubilidade da sílica e da alumina e elevação do pH das misturas.

Na fase de projeto, deve-se determinar a dosagem ideal da mistura solo-cal, enfocando os interesses técnicos e econômicos. Os ensaios normalmente realizados em laboratório para a determinação da resistência mecânica são os de compressão simples e CBR. No caso de misturas curadas, onde existe o significativo desenvolvimento de reações pozolânicas, recomenda-se realizar ensaios do tipo compressão simples, cisalhamento direto, tração na flexão, compressão diametral e triaxial, obtendo-se inclusive parâmetros como o módulo de deformabilidade e o coeficiente de Poisson (Mendonça, 1998).

A técnica executiva normalmente adotada para a realização da mistura solo-cal consiste no espalhamento do solo na pista, distribuição de cal em sacos por m^2 e posterior gradeamento ou distribuição da cal a granel, com veículos apropriados e velocidade fixada conforme o valor do teor de cal a ser incorporado. Executada a mistura, realiza-se o umedecimento com adição progressiva de água e posterior homogeneização. Compacta-se e espera-se a cura (Pinto et al., 1978). Observa-se que no campo é difícil obter completa homogeneização dos materiais, sendo que a porcentagem de cal determinada em laboratório pode não ser encontrada em todos os locais da pista. Provavelmente, algumas regiões apresentam maior concentração de cal do que outras. Este fato pode explicar diferenças que geralmente são encontradas nos resultados de ensaios executados no campo sobre esses materiais.

4- Metodologia

Foram compactados corpos de prova referentes às jazidas SF4 (Saprólito fino de ardósia do grupo Paranoá) e HB11 (Latosolo vermelho amarelo de textura argilosa). As amostras deformadas coletadas foram superficiais, variando de 1,0 a 1,30m de profundidade.

Após processos iniciais de preparação das amostras foram determinadas as curvas de compactação para cada tipo de material trabalhado, tanto na energia Proctor Normal quanto na Intermediária (de acordo com DNER-ME 228/94).

Após determinação dos valores ótimos de compactação e tomando-se por base a curva de compactação proctor normal, fixou-se uma faixa de trabalho em termos de umidade de compactação, a fim de verificar a influência dos parâmetros de compactação, estabilização química, sucção e peso específico. Sendo assim, em termos de umidade de compactação, trabalhou-se com valores de $w_{ót}$, $w_{ót}-4\%$ e $w_{ót}+2\%$. Foram aplicadas energias de compactação variadas, para cada faixa de umidade utilizada, estas sendo representadas por três níveis de energias distintas, tanto dinâmica (através da variação do número de golpes aplicados) quanto estática (pressões aplicadas de forma crescente). Desta forma, obtivemos corpos de prova de diferentes materiais, com umidades e densidades distintas, compactados através de processos diferentes e, que provavelmente apresentarão resistência à penetração (miniCBR) diversa. No entanto de forma a verificar-se a influência destes parâmetros, para cada estrutura de solo compactado, foram ensaiados pelo menos 2 corpos de prova semelhantes, tomando-se o cuidado de a partir da verificação das umidades e pesos específicos obtidos após compactação dinâmica, tentar-se reproduzir estes fatores no processo de compactação estática, pois assim obteríamos corpos de prova com estruturas semelhantes em termos de w e γ_d , o que é essencial para se efetuar a verificação aqui proposta.

Dinamicamente os corpos de prova foram compactados de acordo com o recomendado pela metodologia MCT (cilindros de $h=130$ e $\phi=50$ mm) para estudo de solos tropicais finos. Foi usado um peso de solo úmido equivalente a 190g, observando que, o percentual de 2% de cal hidratada foi incorporada em termos de peso, e este já se encontra incluso no peso úmido considerado.

Após compactação dinâmica das amostras foi realizado o procedimento de colocação de papel filtro Whatmann nº 42, para determinação da sucção de cada ponto. As amostras foram envoltas em filme plástico, identificadas e levadas a estabilizar em ambiente climatizado (no caso, na câmara úmida). Observou-se um período de equilíbrio de sucção de 15 dias, segundo recomendações de Marinho (1995).

5- Apresentação e análise dos resultados

5.1- Propriedades Físicas, Mineralógicas e Químicas dos Solos Estudados

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam, respectivamente, a síntese das principais propriedades físicas, características mineralógicas e as propriedades químicas dos solos estudados.

Tabela 1- Características Físicas dos Materiais estudados (modificado- Cardoso, 2002).

Propriedades	Tipo de Solo	
	SF4	HB11
w_L (%)	NP	NP
w_p (%)	NP	NP
IP (%)	NP	NP
Pedregulho (%) - c/defloc	0	0
Areia (%) - c/defloc	95,1	25
Silte (%) - c/defloc	1	53,9
Argila (%) - c/defloc	3,9	21,1
G (g/cm^3)	2,81	2,71
e	0,68	1,14

Na tabela 1, G é a densidade real dos grãos, “e” o índice de vazios, w_L o limite de liquidez e w_p o limite de plasticidade e IP índice de plasticidade. Os dados granulométricos foram obtidos com (c/defloc) o uso de defloculante.

Tabela 2 - Características mineralógicas dos solos estudados (Cardoso, 2002).

CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS							
Amostra	Gibbsita (%)	Caulinita(%)	Illita(%)	Goethita(%)	Hematita(%)	Quartzo(%)	Rutilo+ Anatásio(%)
SF4	6,6	24,1	26,8	1,7	3,6	32,1	0,9
HB11	18,2	9,2	0	1,8	5,7	63,4	0,8

Tabela 3 - Características químicas dos materiais estudados (Cardoso, 2002).

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	SF4	HB11
pH em água	4,7	5,2
pH em KCl	4,05	5,4
Δ pH	-0,65	0,2
Ca + Mg (mE/100ml)	0,23	0,18
K (mE/100ml)	0,01	0,01
Na (mE/100ml)	ND	ND
Acidez Total H+Al (mE/100ml)	1,26	1,46
CTC (mE/100ml)	1,5	1,65
Matéria Orgânica (g/kg)	0,2	5

Na Tabela 3, pH é potencial hidrogeniônico, “Ca” cálcio, “Mg” magnésio, “K” potássio, “Na” sódio, “Al” alumínio e “CTC” capacidade de troca catiônica.

Observa-se que se torna importante uma boa caracterização do solo a ser utilizado, pois se trabalhará com estabilização química. Portanto, é essencial verificar de que forma as características da cal hidratada estão influenciando nas características e propriedades do solo natural, bem como na capacidade de suporte.

Quanto às propriedades físicas (Tabela 1) observa-se que o solo SF4 apresenta-se mais arenoso enquanto que o HB11 mais siltoso. Segundo Cardoso (2002) a fração granulométrica predominante determina o comportamento do material, o que conduziria, a princípio, a deduzir comportamentos distintos entre as duas amostras estudadas. É importante observar ainda que, as diferenças de composição apresentadas para o solo ensaiado sem defloculante e com defloculante mostram o grau de agregação do mesmo, uma vez que o hexametáfosfato de sódio destrói as agregações existentes. Neste aspecto apenas o solo HB11 mostrou presença das agregações.

A Tabela 2 mostra a presença marcante do quartzo para os dois tipos de solos estudados, o que é comum nos solos do DF (Camapum de Carvalho et al., 1995). Observa-se ainda que a cadeia evolutiva dos oxihidróxidos de ferro e alumínio (illita → caulinita → gibbsita), no processo de intemperismo, influi diretamente na composição mineralógica dos solos e esta nas propriedades físicas (Cardoso, 2002).

Na Tabela 3 nota-se que o ΔpH dos solos apresenta-se negativo na amostra SF4, o que caracteriza os óxidos e, positivo na amostra HB11, o que indica a predominância dos argilominerais. Verificam-se ainda valores baixos de C.T.C e de matéria orgânica. No entanto, de acordo com Nóbrega (1991), em alguns tipos de solos, quando estabilizados com cal, este teor pode representar uma diferença considerável para seus parâmetros físicos e conseqüentemente para os valores de suporte.

5.2 - Cal Hidratada

De acordo com vários estudos encontrados na literatura técnica (Nóbrega, 1991; Rezende, 2003) verifica-se que tanto o teor quanto o tipo de cal utilizada no processo de estabilização química influem na resistência obtida. Portanto, convém caracterizar a cal hidratada a ser incorporada aos solos trabalhados. A Tabela 4 apresenta as características da cal utilizada.

Parâmetros	Valores (%)
CaO total	72,80
MgO	0,50
Perda ao fogo	24,60
CO ₂	1,50
CaO disponível	66,10
Fe ₂ O ₃	0,30
Al ₂ O ₃	0,40
SiO ₂	1,20
S	0,09

Tabela 4 - Características físico-químicas da cal hidratada (Rezende, 2003).

Parâmetros	Valores (%)
SO ₃	0,40
Óxidos totais	97,50
Óxidos não hidratados	0,20
Retido na peneira 0,6 mm	0,00
Retido na peneira 0,075 mm	3,50

5.3 - Mini-Compactação

Como anteriormente citado, foram realizados ensaios de Mini-Compactação (DNER-ME 228/94), com material no estado natural e ainda com a incorporação de 2% de cal hidratada. As energias utilizadas foram Proctor normal (E.N) e intermediário (E.I.). A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 5 - Parâmetros de Mini-Compactação

Material	Proctor Normal		Proctor Intermediário	
	γ_d máx	wót	γ_d máx	wót
SF4	16,35	20	16,91	18,4
HB11	17,4	17	19	14,5
SF4 + 2% cal	16,2	20	16,77	18
HB11 + 2% cal	16,9	17	18,5	14,5

5.4 - Curvas Características

Utilizando-se a técnica de transformação da curva característica, proposta por Camapum de Carvalho e Leroueil (2000), e os dados de sucção obtidos para os corpos de prova submetidos aos ensaios de miniCBR e ainda, os índices de vazios correspondentes as condições ótimas de compactação, foi possível definir as curvas características dos solos SF4 e HB11. Estas curvas foram determinadas em termos de pF (logaritmo da sucção em centímetros de coluna de água) versus Saturação (Sr), tendo sido compactadas dinamicamente e estaticamente sem (Figura 1a - solo SF4 e Figura 2a - solo HB11) e com a incorporação de cal (Figura 1b - solo SF4 e Figura 2b solo HB11). Estas figuras mostram que a compactação estática tende a apresentar curva característica com sucções superiores a da compactação dinâmica no solo SF4, apresentando comportamento contrário no HB11 (Figura 2a) e ainda sendo similares quando incorpora-se a cal (Figura 2b). Estas diferenciações entre as curvas características indicando a provável influência da compactação na estrutura do solo, assim como o papel composição físico-química de cada solo.

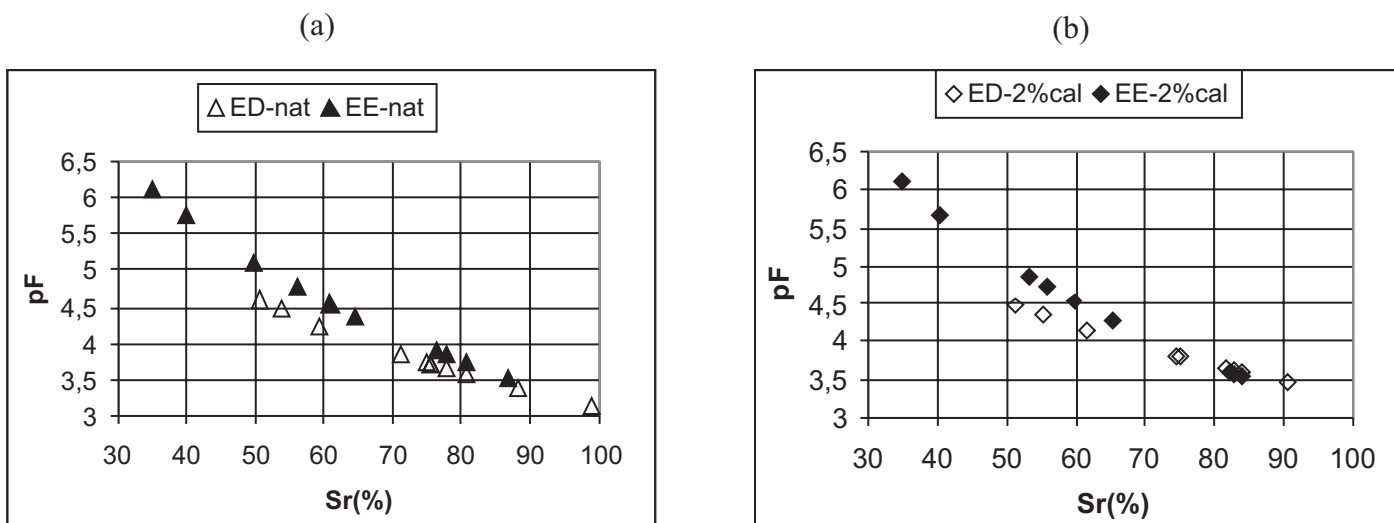


Figura 1 - Curvas Características do solo SF4, compactadas nas energias dinâmica (ED) e estática (EE), com e sem a incorporação de cal - Umidades de compactação utilizadas: 16%,20%,22%

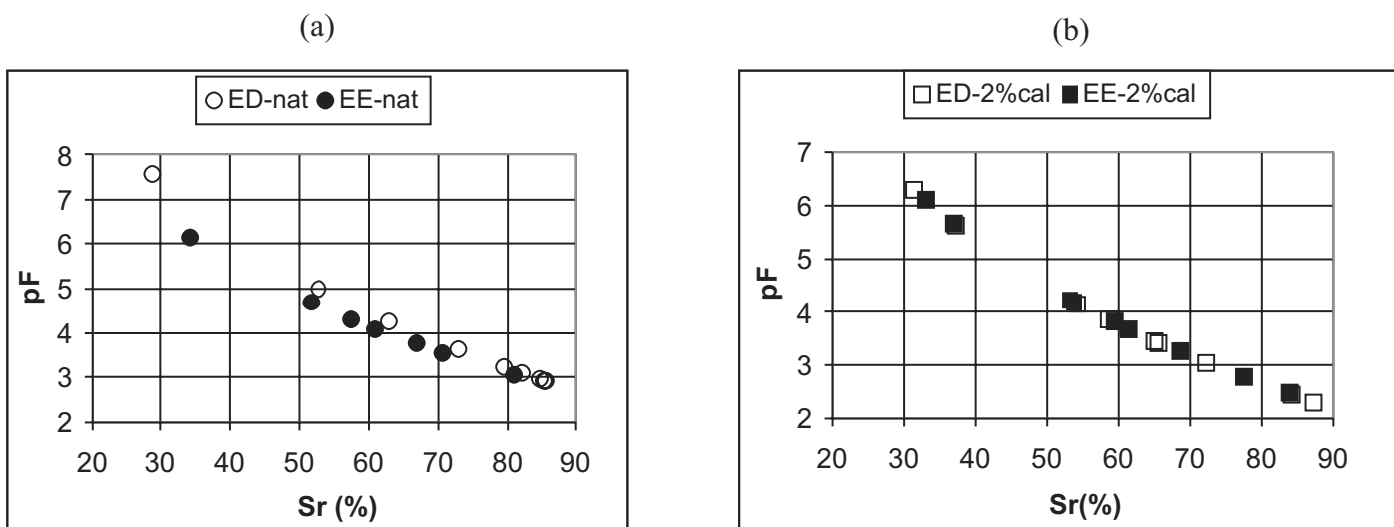
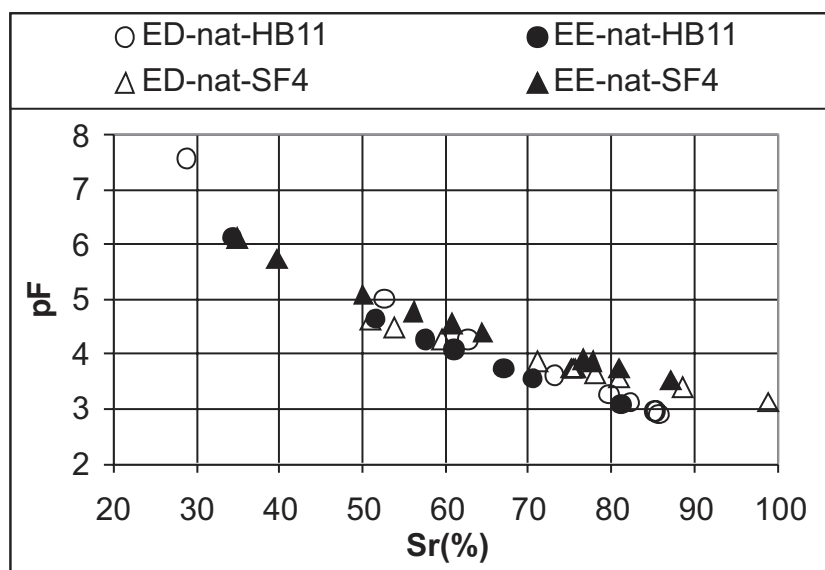
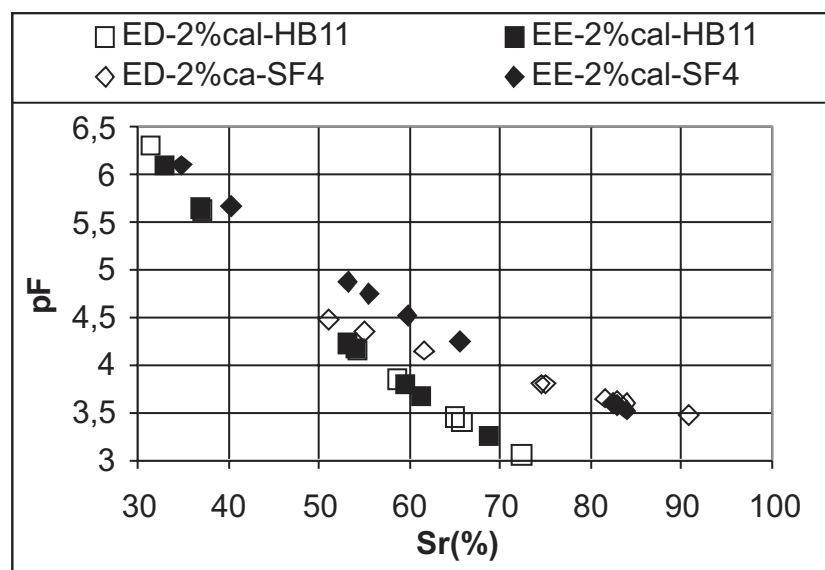


Figura 2 - Curvas Características do solo HB11, compactadas nas energias dinâmica (ED) e estática (EE), com e sem a incorporação de cal - Umidades de compactação utilizadas: 13%,17%,19%

A Figura 3 mostra a comparação entre os dois solos, onde se percebe de forma mais nítida, a influência de suas propriedades físico-químicas e mineralógicas nas curvas características. O solo SF4 apresenta curvas características com maiores valores de sucção para o mesmo grau de saturação, no entanto, se observa que na ausência de cal (Figura 3(a)) a diferença entre as energias estática e dinâmica se apresentam menos acentuadas que com a incorporação de cal (Figura3(b)).



(a) Solos HB11 e SF4 Sem cal

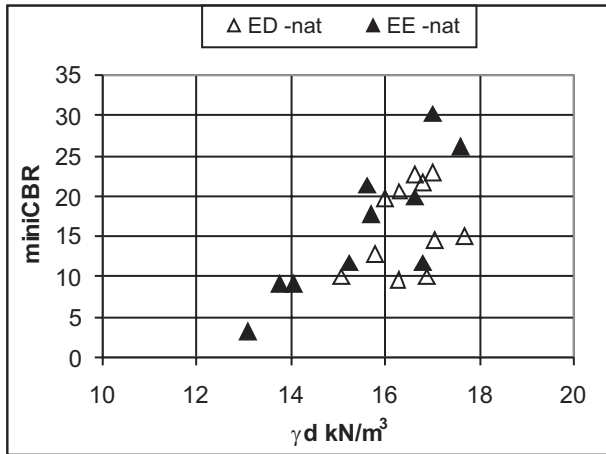


(b) Solos HB11 e SF4 Com 2% cal incorporada

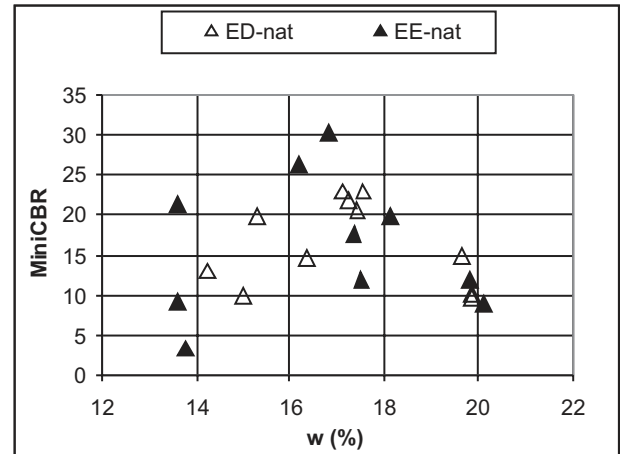
Figura 3 - Comparação entre as curvas Características

5.5 - Mini-CBR

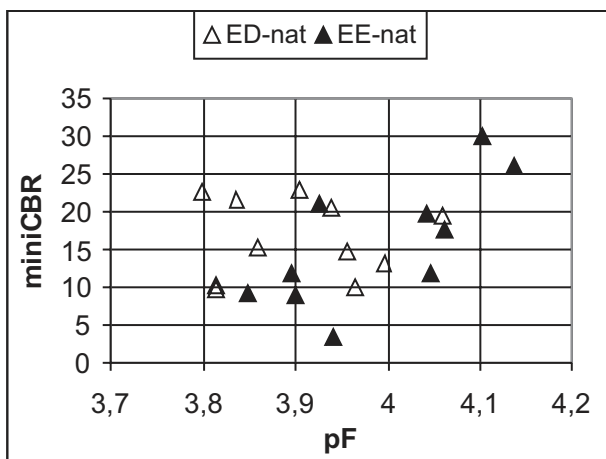
As Figuras 4 e 5 mostram respectivamente os gráficos de miniCBR obtidos para o solo natural em função do peso específico aparente seco (a), teor de umidade (b), sucção em pF (c) e sucção em pF normalizada em relação ao índice de vazios de compactação (d), conforme proposto por Camapum de Carvalho e Pereira (2002) para o estudo do comportamento mecânico dos solos. Os mesmos gráficos plotados para o solo estabilizado com cal encontram-se nas Figuras 6 e 7. Estes resultados mostram tendências razoáveis apenas para os gráficos em função do peso específico e da sucção normalizada em relação ao índice de vazios, o que inviabiliza a análise em função da sucção e da umidade de compactação, embora sejam estes parâmetros sabidamente relevantes principalmente no caso dos solos finos.



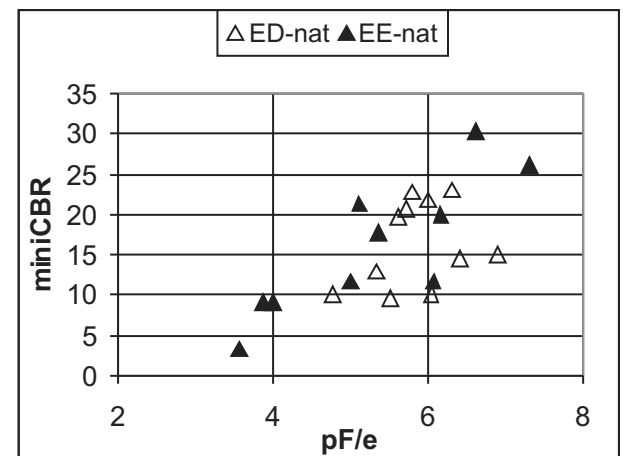
(a) miniCBR x peso específico



(b) miniCBR x umidade

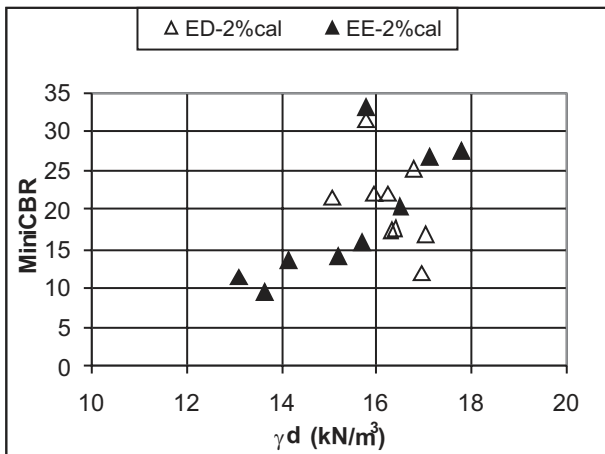


(c) miniCBR x sucção

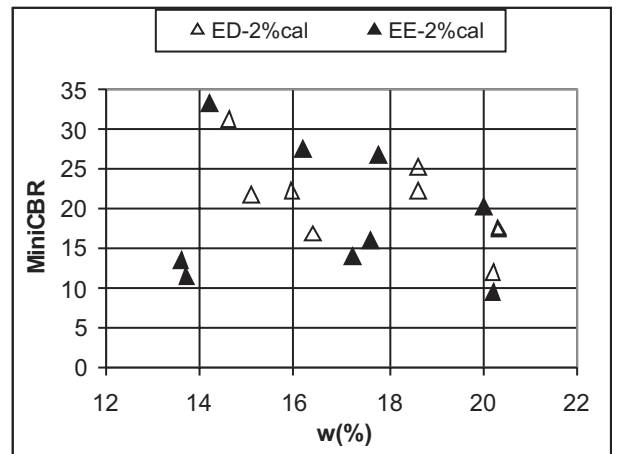


(d) miniCBR x sucção normalizada

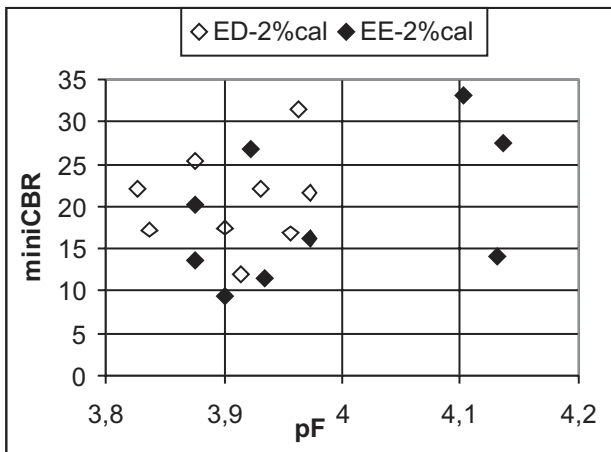
Figura 4 - miniCBR x Parâmetros de compactação Solo SF4
Sem Cal Incorporada



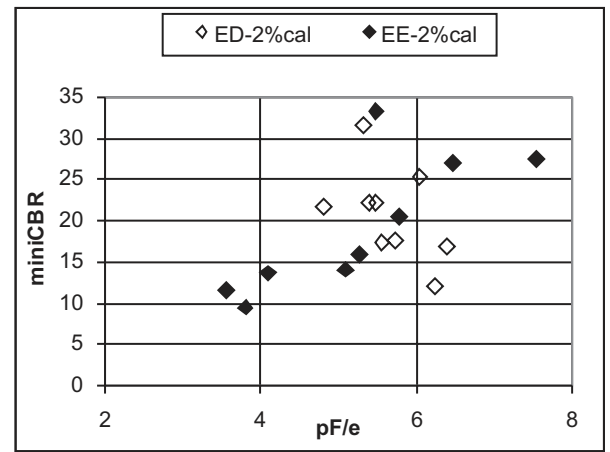
(a) miniCBR x peso específico



(b) miniCBR x umidade



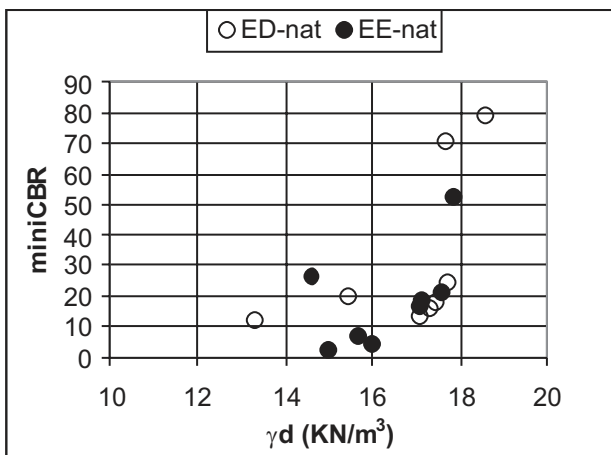
(c) miniCBR x sucção



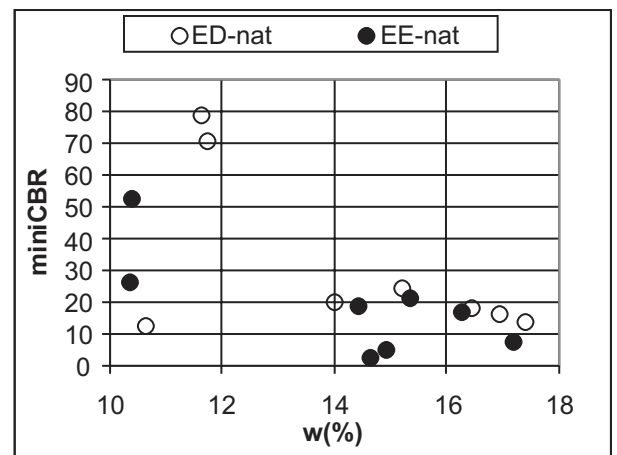
(d) miniCBR x sucção normalizada

Figura 5 - miniCBR x Parâmetros de compactação Solo SF4

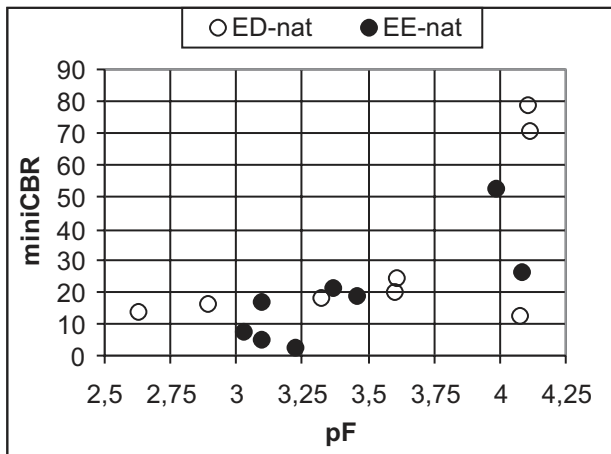
Com 2% de Cal Incorporada



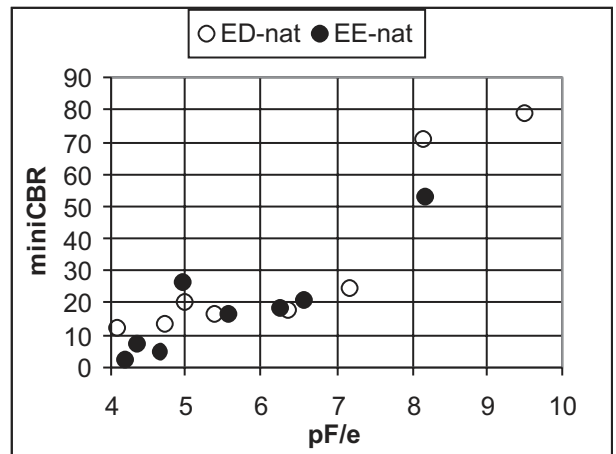
(a) miniCBR x peso específico



(b) miniCBR x umidade



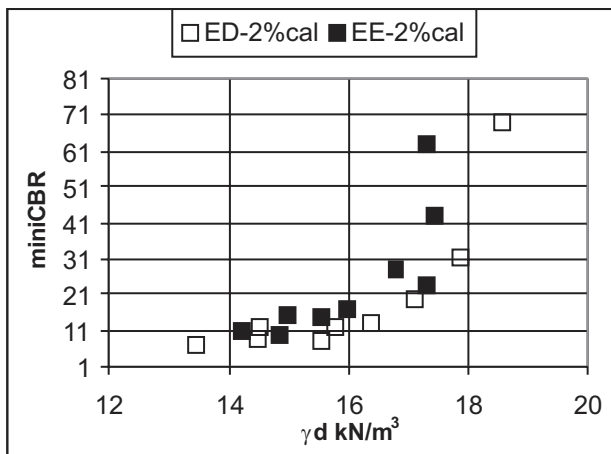
(c) miniCBR x sucção



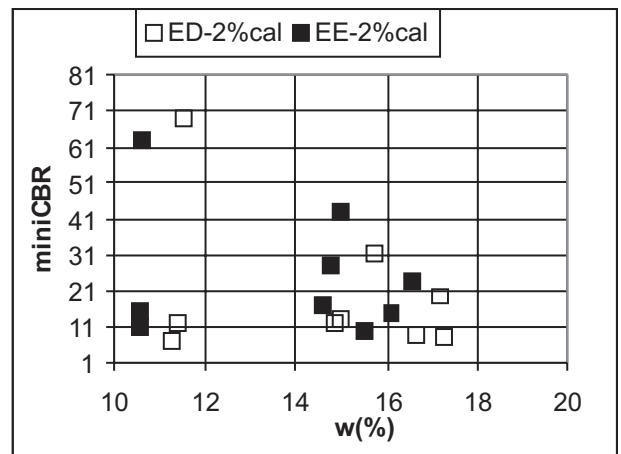
(d) miniCBR x sucção normalizada

Figura 6 - miniCBR x Parâmetros de compactação Solo HB11

Sem Cal Incorporada



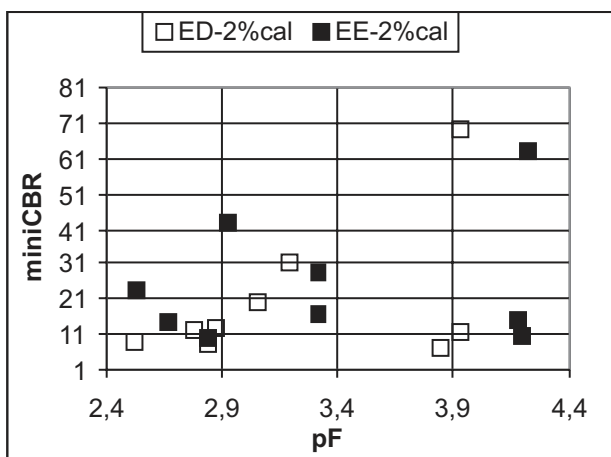
(a) miniCBR x peso específico



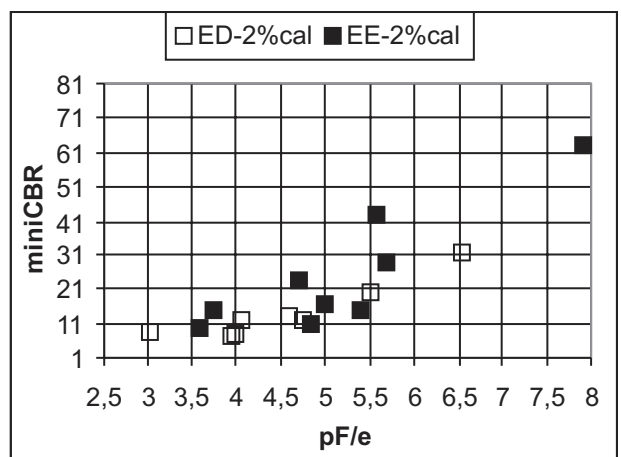
(b) miniCBR x umidade

Figura 7 - miniCBR x Parâmetros de compactação Solo HB11

Com 2% de Cal Incorporada

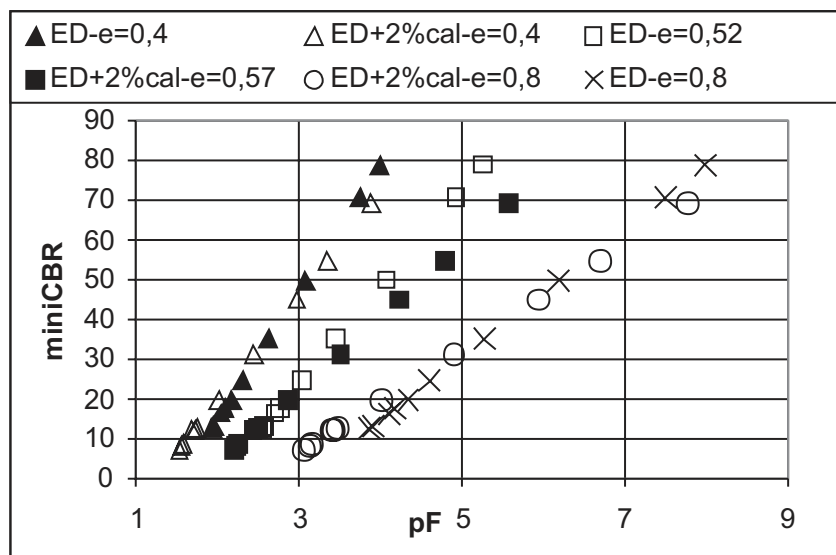


(c) miniCBR x sucção

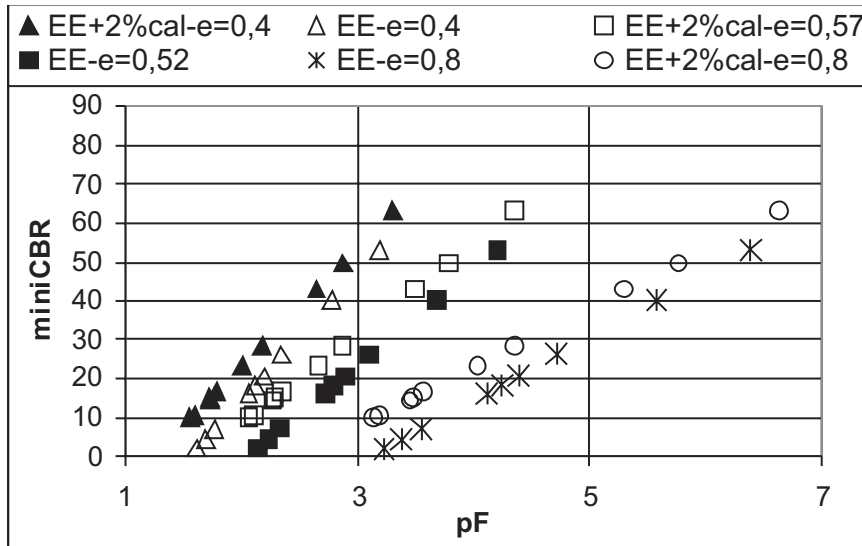


(d) miniCBR x sucção normalizada

Com base nos gráficos obtidos em relação à sucção normalizada (Figuras 4d e 5d) foi possível separar os efeitos das variações de índice de vazios e da sucção no comportamento mecânico em termos de mini-CBR, tanto para o solo natural e estabilizado com cal compactado estaticamente (Figura 8b) e dinamicamente (Figura 8a), como para o solo natural e estabilizado com cal compactado estaticamente (Figuras 9a) e dinamicamente (Figuras 9b). Estes resultados mostram que os valores de mini-CBR aumentam com a redução do índice de vazios e com o aumento da sucção, conforme esperado. Eles mostram ainda, que para valores semelhantes de índice de vazios o MiniCBR foi maior no solo compactado estaticamente, no caso do solo SF4, onde ocorre uma inversão para o solo HB11; ou seja Mini-CBR maior na energia dinâmica. Observa-se também que mantidos estes parâmetros constantes a cal contribui para um ganho de resistência. No entanto, percebe-se que esta influência apresentou-se variável de acordo com o tipo de solo estudado, caracterizando assim a importância do físico-química e mineralogia do solo no processo de estabilização. É importante destacar que estas relações entre o mini-CBR e a sucção só são válidas até a pressão de entrada de ar. Isto se deve a dois aspectos, primeiro o fato das sucções pela metodologia proposta só poderem ser obtidas a partir do ponto correspondente a pressão de entrada de ar, e em segundo lugar devido ao fato de que para valores de sucção inferiores ao de entrada de ar o comportamento do solo se aproxima do comportamento do solo saturado conforme mostrado por Camapum de Carvalho e Pereira (2001). A título de exemplo obteve-se para o solo HB11 em estado natural compactado dinamicamente ($e=0,52$) uma pressão de entrada de ar igual a 3,13, enquanto para o mesmo solo com adição de cal ($e=0,57$) obteve-se para a entrada de ar pF igual a 3,023, sendo que abaixo desses valores de sucção considerando-se o mesmo índice de vazios o CBR se aproximaria do obtido para a condição saturada.

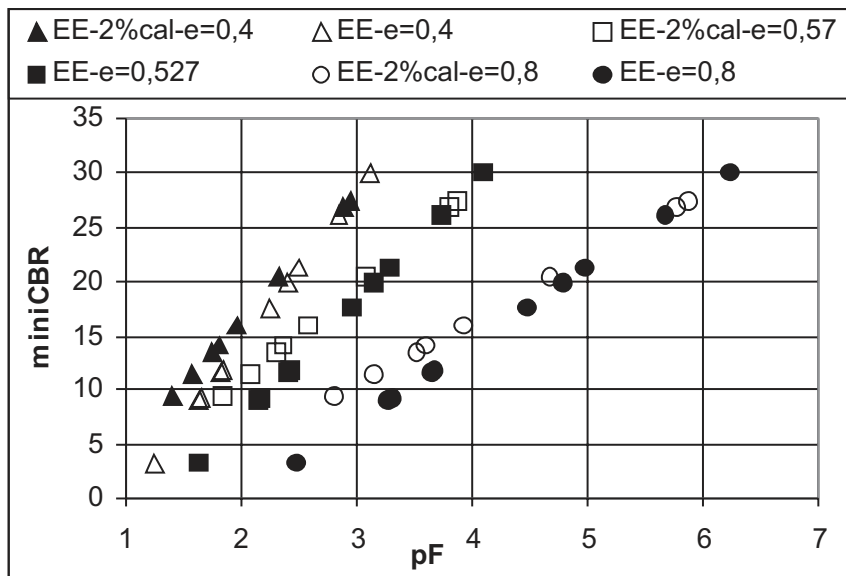


(a) Solo HB11 Energia Dinâmica (ED)

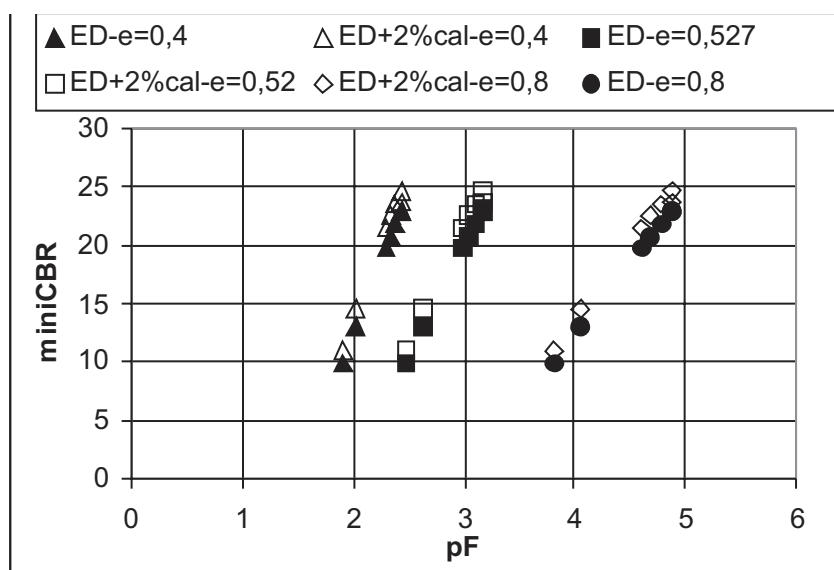


(b) Solo HB11 Energia Estática (EE)

Figura 8 - miniCBR x pF Solo HB11



(a) Solo SF4 Energia Estática (EE)



(b) Solo SF4 – Energia Dinâmica (ED)

Figura 9 - miniCBR x pF Solo SF4

A abordagem apresentada neste trabalho mostra ser possível separar o efeito do índice de vazios daquele correspondente à sucção, bem como separar o efeito da cal destes, desde que se recorra aos métodos de transformação de pF em relação ao índice de vazios para a obtenção da curva característica e também da normalização do pF para a análise do comportamento mecânico.

6 - Conclusões

Os resultados apresentados mostram que:

- O tipo de energia adotado na compactação dos solos finos estudados afeta o seu comportamento;
- A cal contribui para um ganho significativo de resistência nos solos finos estudados. Sendo que as diferenças de propriedades físico-química e mineralógica entre os dois solos afetaram o comportamento mecânico e as curvas características;
- As metodologias de transformação de pF em relação ao índice de vazios para a obtenção da curva característica bem como de sua normalização para análise do comportamento mecânico mostraram-se eficientes.

7- Referências bibliográficas

- (1) Araki. M.S. (1997). Aspectos relativos às propriedades dos solos porosos colapsíveis do Distrito Federal. Dissertação de mestrado G.DM-040A/97. Mestrado em Geotecnia, Universidade de Brasília. 121p.
- (2) Camapum de Carvalho, J. & Leroueil, S.(2000). Modelo de Normalização da curva característica. 32a Reunião Anual de Pavimentação, Brasília-DF, vol.1,96-106.
- (3) Camapum de Carvalho, J. & Pereira, J. H. F (2001). Estudo do Comportamento Mecânico dos Solos não saturados com Base na sucção Normalizada. 40 Simpósio Brasileiro de solos não saturados, vol.único, 134-148.
- (4) Camapum de Carvalho, J. & Pereira, J. H. F (2002). Une Approche pour la Description des Propriétés des sols non saturés. Unsaturated Soils, vol.2, 501-506.
- (5) Cardoso, F.B.F., Martins, E.S. e Camapum de Carvalho, J. (1998). A Evolução Pedogeoquímica e sua Influência nas Propriedades Físicas dos Solos Profundamente Intemperizados do Distrito Federal. XI COBRAMSEG, Brasília, Vol 1, p. 51-58.
- (6) Cardoso, F.B.F. (2002). Propriedades e Comportamento Mecânico de Solos do Planalto Central Brasileiro. Tese de Doutorado G.TD- 009A/02. Doutorado em Geotecnia, UnB, 351p.
- (7) DNER-ME 228/94 (1994). Solos- Compactação em equipamento miniatura. São Paulo,16p.
- (8) DNER-ME 254/94 (1994). Solos Compactados em equipamento miniatura - Mini-CBR e expansão. São Paulo, 12p.
- (9) Delgado, A.K.C. (2002). Influência da sucção no comportamento de um perfil de solo tropical compactado. Dissertação de mestrado G.DM-095A/02. Mestrado em Geotecnia, UnB, 176p.
- (10) Lima, D.C.(1981). Algumas considerações relativas a aspectos da estabilização dos solos, em particular estabilização solo-cal. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos USP, São Carlos, SP, 171p.
- (11) Marinho, F.A.M. (1995). A Técnica do Papel Filtro para Medição de Sucção. Encontro sobre Solos não Saturados, Rio Grande do Sul, 1: 1-14.
- (12) Mendonça, A.A.(1998). Caracterização Tecnológica de misturas solo-cal. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, MG, 109p.
- (13) Nobrega, M.T. (1991). A estabilização dos solos tropicais com adição de cal para fins rodoviários. Associação Brasileira de produtores de cal, boletim n.15, 116p.
- (14) Paixão, M.N.O.N. & Camapum de Carvalho, J. (1994). Influência da microestrutura no colapso de um solo de Brasília. 20 Simpósio sobre Solos Não-Saturados, ABMS/UFPE, Recife, PE, 1: 105-110.
- (15) Pinto, S., Sanna, H.A.E., Schlosser, R.C.J. & Horta, H.R.(1978). Estabilização de solos trecho experimental de base de solo cal no km 282 da BR-116/MG. DNER- Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 53p.
- (16) Rezende, L.R. (2003). Estudo do comportamento de materiais alternativos utilizados em estruturas de pavimentos flexíveis. Tese de Doutorado G.TD- 014A/03. Doutorado em Geotecnia, UnB, 372p.

AUDITÓRIO ENGENHEIRO MARIO KABALEM RESTOM, DA ABPV

Rio de Janeiro, RJ

Nosso auditório conta com:

- ar condicionado;
- sistema de som e gravação com microfone e tradução simultânea;
- televisor de 29 polegadas;
- video-cassete;
- tela de projeção;
- retroprojektor;
- projetor de slides;
- data-show;
- DVD.



Tudo para que você possa desenvolver seu curso com conforto e tecnologia.

Maiores informações no e-mail: abpv@abpv.org.br ou

Tel: 21-2233-2020/ 2263-5794 e Fax: 21-2233-0709

RESTAURAÇÃO DA AVENIDA TANCREDO NEVES

Engenheiro Civil Antonio José de Vasconcelos

RESTAURAÇÃO DA AVENIDA TANCREDO NEVES

I- Introdução:

A Avenida Tancredo Neves foi inicialmente projetada e construída pelo DER/SE, como via de acesso ao Distrito Industrial de Aracaju - DIA. Liga a BR-235 à Avenida Beira Mar. Atualmente essa avenida constitui-se em um dos importantes corredores de escoamento de tráfego da cidade.

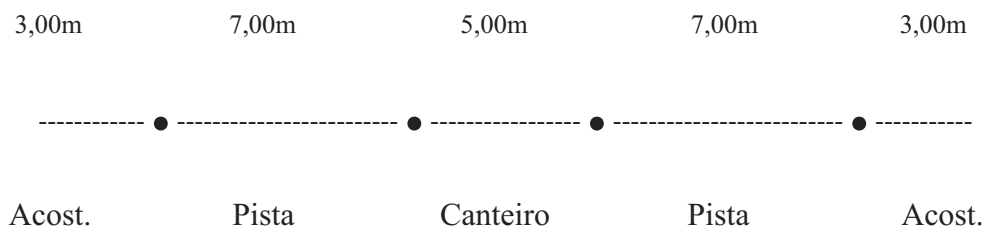
II- Dados do projeto de construção:

PROJETO: 1971 Pelo DER/SE

CONSTRUÇÃO: 1971 a 1972

EXTENSÃO: 7,6 km

SEÇÃO TIPO:



- DADOS DO SUB-LEITO:

Classificação do Material	CBR – Encontrado	IP
A1	20	
A24	18	<10
A4	8	
A26	8	12
A6	9	11
¹ A6	2	22

¹ - Neste caso o material foi substituído p/ material de corte em ± 80cm.

- DADOS DOS MATERIAIS DISPONÍVEIS PARA SUB-BASE E BASE:

1) Material para base e sub-base (Jazida terra dura)

ENSAIO		MÉDIA	
GRANULOMETRIA % PASSANDO	2"		ENSAIO AASHO MODIF= 55 GOLPES D MÁXIMA = 2088 UMIDADE ÓTIMA = 7,8 CBR = 80% EXPANSÃO = 0,03%
	1"	98	
	3/8"	95	
	Nº4	91	
	Nº10	84	
	Nº40	53	
	Nº200	29	
FAIXA ASSHO		F	
LL		26	
IP		7	
IG		0	
CLASSIFICAÇÃO HRB		A24	

2) Jazida Capucho para base e sub-base.

ENSAIOS		MÉDIAS	
GRANULOMETRIA % PASSANDO	2"		ENSAIO AASHO MODIF = 55 Golpes D. MÁXIMA = 2136 UMIDADE ÓTIMA = 7% CBR = 102% EXPANSÃO = 0,04%
	1"	94	
	3/8"	81	
	Nº4	71	
	Nº10	62	
	Nº40	35	
	Nº200	13	
FAIXA AASHO		D	
LL		21	
IP		08	
IG		0	
CLASSIFICAÇÃO HRB		A24	

DIMENSIONAMENTO

Período de projeto: 15 anos

N projeto: 8,1 x 106

ESTACA	EXTENSÃO (m)	CBR	ESPESSURA TOTAL (cm)	PAVIMENTO (cm)		REVESTIMENTO (Cm)
				Sub-base	Base	
0-70	1.400	20	20		20	4
70-100	600	11	40	20	20	4
100-160	1.200	10	45	25	20	4
160-180	400	8	50	30	20	4
180-200	400	18	30	10	20	4
200-378	3.560	8	50	30	20	4

- REVESTIMENTO

- Areia Asfáltica Usinada à Quente.

Traço em peso da mistura betuminosa

Areia Grossa	51,5%
Areia Fina	37,5%
Fíler (gesso)	4,0%
CA 85 - 100	7%

Características da Mistura:

Densidade aparente 2,23 g/cm³

Densidade teórica 2,37 g/cm³

Fluência 12 (1/100'')

Índice de vazios - 5,9%

Estabilidade (Km/cm²) 275 Kg/cm²

GRANULOMETRIA DA MISTURA DE AGREGADOS

PENEIRAS	PORCENTAGEM PASSANDO	FAIXA B - AASHO
4	99	100
10	91	90 – 100
40	51	30 – 95
80	30	5 – 60
200	7,52	0 – 10

III - Projeto de restauração

1 - FOI UTILIZADO O MÉTODO PRO - 11

Determinação do período de projeto 5 anos

Determinação do número N

Contagem de tráfego 3564 veículos comerciais/dia

$$N = (1 + 1,05^T) / 2 \times T \times FC \times FE \times FR \times V \times 365$$

$$N = (1 + 1,05^5) / 2 \times 5 \times 2,07 \times 1,7 \times 1,4 \times 3564 \times 365$$

$$N = 3,65 \times 10^7$$

- Determinação da deflexão admissível - DADM

$$\text{LOG}(DADM) = 3,01 - 0,175 \text{ Log } N$$

$$DADM = 49 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Levantamento de deflexões (viga benkelman)

Determinação do índice de gravidade global IGG

Levantamento de raios de curvatura R

Determinação dos segmentos homogêneos

Determinação das deflexões de projeto (Segmentos homogêneos)

Contagem de tráfego

AS SOLUÇÕES:

1.1 Para trechos onde $R > 100$, $IGG < 150$, $Dp < 3 DADM$ e $Dp < 65$

Dimensionamos uma camada de reforço (HR) de 5,0cm

1.2 Para trechos onde $R > 100$, $IGG < 150$, $Dp < 3 DADM$ e $70 > Dp > 65$

Dimensionamos uma camada de reforço de 6,0cm.

Onde:

Dp - Deflexão de Projeto

DADM - Deflexão Admissível

$$HREF = K \times \text{LOG} \frac{Dp}{DADM}$$

$K = 40$ p/ concreto betuminoso

1.3 Para os trechos onde $DP > 70$ Reconstrução de base e revestimento ou reciclagem de capa e base (15cm) seguido de imprimação e revestimento com c.b.u.q. - método da resistência.

Obs: A camada de reforço ficaria superior a 6,0cm.

1.4 Para os trechos onde $R < 100$ Reconstrução da base e pavimento seguidos de imprimação e revestimento com c.b.u.q. ou reciclagem de capa e base (15cm), seguidos de imprimação e revestimento com c.b.u.q. método da resistência.

2. UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DA RESISTÊNCIA

- Execução de sondagens para caracterização dos materiais (cbr, ip, granulometria, expansão, ig), que compõem a estrutura dos pavimentos dos trechos que deverão ser reconstruídos.

CÁLCULO DE N (PROJETO) PARA UM PERÍODO DE 10 ANOS

$V = 3564$ - Veículos (ônibus ou caminhão)/dia/sentido

$N = (1 + 1,05^T) / 2 \times T \times FC \times FE \times FR \times V$

$N = (1 + 1,05^{10}) / 2 \times 10 \times 2,07 \times 1,7 \times 1,4 \times 3564 \times 365$

$N = 8,42 \times 10^7$

CÁLCULO DAS ESPESSURAS

7,5 cm		Revestimento (c.b.u.q.)
15 cm	base	Brita Graduada ou solo -brita CBR > 80%
15 cm	base	Material granular CBR > 60%

Sub-base (existente) i.s.c > 20%

Substituiremos o revestimento base e parte da sub-base numa espessura total de 35cm.

Aplicaremos inicialmente 5cm de c.b.u.q., e nos próximos cinco anos aplicaremos mais 2,5 cm de c.b.u.q. (Faixa “c” D.N.E.R.).

PROJETO DE MISTURA BETUMINOSA

C.B.U.Q. FAIXA “C” D.N.E.R

- Densidade teórica = 2,437 g/cm³

- R.B.V. = 78%

- Fluência = 12,5/100”

- Estabilidade = 868 Kg

- Vazios = 3,78%

- Teor de betume = 6,35%

MATERIAIS UTILIZADOS

- Brita “0” = 27%

- Pó de pedra = 48%

- Areia média = 25%

- CAP 50/60 = 635 Kg/Ton de C.B.U.Q.

- CAP DOP = 0,5% do teor de CAP

Obs: Não utilizaremos FILLER MINERAL

- Usina Ciber Gravimétrica = 60 - 80 Ton/h

RESUMO DE ENSAIOS

FURO Nº 1		1	2	3	4	5	6	7	8	
ESTACA Nº		296	287	284	203	200	156	131	125	
PROFUNDIDADE (cm)	DE A	0,15	0,18	0,23	0,00	0,16	0,18	0,05	0,05	
		0,30	0,40	0,53	0,40	0,56	0,50	0,35	0,30	
GRANULOMETRIA	PENEIRAS % PASSANDO	2"	100	100			100	100	100	
		1"	99	98	100	100	98	99	97	100
		3/8"	96	96	96	94	94	95	81	94
		Nº 4	94	92	92		92	87	71	91
		Nº 10	90	87	86	78	88	81	52	77
		Nº 40	63	47	63	39	66	62	21	44
		Nº 200	4	12	33	12	28	31	9	18
FAIXA D.N.E.R.		F.F.	F.F.	F.F.	E	F.F.	F.F.	F.F.	E	
L. L.		0	0	27	0	26	30	0	0	
I. P.		0	0	11	0	9	10	0	0	
E. A.										
I. G.		0	0	0	0	0	0	0	0	
CLASSIFICAÇÃO H.R.B.		A. 2.4	A.1.B.	A.2.5	A.1.B	A.2.4	A.2.4	A.1.B	A.1.B	
AASHO NORMAL 12 GOLPES	DENSIDADE MÁXIMA									
	UMIDADE ÓTIMA									
	I.S.C.									
	EXPANSÃO									
AASHO NORMAL 26 GOLPES	DENSIDADE MÁXIMA	2.120	2.110	2.050	2.125	2.090	2.114	2.160	2.120	
	UMIDADE ÓTIMA	7,6	9,8	11,2	8,0	10,7	11,2	7,6	7,8	
	I.S.C.	39	38	21	66	28	27	71	51	
	EXPANSÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	
AASHO NORMAL 56 GOLPES	DENSIDADE MÁXIMA									
	UMIDADE ÓTIMA									
	I.S.C.									
	EXPANSÃO									
OBSERVAÇÕES: Ensaios dos solos que compõem as camadas do pavimento existente da Av. Tancredo Neves										

RESUMO DE ENSAIOS

FURO Nº 1		9	10	11	12	13	14	15	16
ESTACA Nº		116	25	21	8	86	56	56	80
PROFUNDIDADE (cm)	DE A	0,05	0,04	0,03	0,00	0,05	0,05	0,25	0,15
		0,30	0,27	0,40	0,40	0,30	0,25	0,45	0,50
GRANULOMETRIA	PENEIRAS % PASSANDO	2"		100			100		100
		1"	100	96	100	100	97	100	98
		3/8"	99	87	92	97	94	77	87
		Nº4	98	78	89	93	88	58	79
		Nº10	90	66	78	88	80	44	70
		Nº40	54	45	50	60	48	30	44
		Nº200	8	16	24	18	15	9	23
FAIXA D.N.E.R.				F	F.F.	F.F.	C	F.F.	F.F.
L. L.		0	0	0	0	0	0	23	25
I. P.		0	0	8	0	0	0	6	7
E. A.									
I. G.		0	0	0	0	0	0	0	0
CLASSIFICAÇÃO H.R.B.		A. 2.4	A.2.4	A.2.4	A.2.4	A.2.4	A.2.4	A.2.4	A.2.4
AASHO NORMAL 12 GOLPES	DENSIDADE MÁXIMA								
	UMIDADE ÓTIMA								
	I.S.C.								
	EXPANSÃO								
AASHO NORMAL 26 GOLPES	DENSIDADE MÁXIMA	2112	2135	2090	2120	2125	2145	2110	2130
	UMIDADE ÓTIMA	8,8	8,4	9	8,5	9,7	7	8,4	8,1
	I.S.C.	45	61	37	40	51	60	35	64
	EXPANSÃO	0	0	0	0	0	0	0	0
AASHO NORMAL 56 GOLPES	DENSIDADE MÁXIMA								
	UMIDADE ÓTIMA								
	I.S.C.								
	EXPANSÃO								
OBSERVAÇÕES: Ensaio dos solos que compõem as camadas do pavimento existente da Av. Tancredo Neves									

CÁLCULO ESTATÍSTICO DA SUB-BASE			MÉDIA DOS VALORES X	DESVIO PADRÃO σ	VALOR MÁXIMO Mmáx	VALOR MÍNIMO Mmin.
GRANULOMETRIA	PENEIRAS %P ASSANDO	2"	100,0	0,0	100,0	100,0
		1"	98,3	2,0	99,0	97,7
		3/8"	92,4	5,2	94,1	90,7
		Nº4	87,2	7,7	89,8	84,6
		Nº10	78,6	10,8	82,2	75,0
		Nº40	49,9	11,9	53,8	45,9
		Nº200	18,1	8,6	21,0	15,3
FAIXA D.N.E.R						
L.L.			8,7	12,9	13,0	4,5
			3,4	4,5	4,9	1,9
I.P.						
			0,0	0,0	0,0	0,0
E.A.						
I.G.						
CLASSIFICAÇÃO HRB						
AASHO NORMAL	DENSIDADE MÁXIMA UMIDADE ÓTIMA I.S.C EXPANSÃO		2114,1	24,6	2122,2	2105,9
			9,0	1,3	9,4	8,6
AASHO INTERMEDIÁ- RIO 26 GOLPES 26 GOLPES	DENSIDADE MÁXIMA UMIDADE ÓTIMA I.S.C EXPANSÃO		44,9	15,3	50,0	39,8
			0,0	0,0	00	0,0
AASHO MODIFICADO 56 GOLPES	DENSIDADE MÁXIMA UMIDADE ÓTIMA I.S.C EXPANSÃO					
DADOS DE CAMPO	M.E. "in situ" (g/dcm ³) UMIDADE (%)					

Observação: Ensaios dos solos que compõem as camadas do pavimento existente da Av. Tancredo Neves

CÁLCULO ESTATÍSTICO DA BASE			MÉDIA DOS VALORES X	DESVIO PADRÃO σ	VALOR MÁXIMO M _{máx}	VALOR MÍNIMO M _{min.}
GRANULOMETRIA	PENEIRAS %PASSANDO	2"	100,0	0,0	100,0	100,0
		1"	98,9	1,7	99,6	98,2
		3/8"	90,6	7,4	93,7	87,4
		Nº4	83,8	12,6	89,2	78,4
		Nº10	72,6	15,6	79,3	65,8
		Nº40	43,4	12,0	48,6	38,3
		Nº200	14,3	5,3	16,6	12,0
FAIXA D.N.E.R						
L.L.			0,0	0,0	0,0	0,0
			0,9	2,7	2,0	-0,3
I.P.						
			0,0	0,0	0,0	0,0
E.A.						
I.G.						
CLASSIFICAÇÃO HRB						
AASHO NORMAL	DENSIDADE MÁXIMA UMIDADE ÓTIMA I.S.C EXPANSÃO		2125,8	19,9	2134,3	2117,2
AASHO INTERMEDI- ÁRIO 26 GOLPES	DENSIDADE MÁXIMA UMIDADE ÓTIMA I.S.C EXPANSÃO		8,3 53,6 0,0	0,8 11,7 0,0	8,7 58,6 0,0	7,9 48,5 0,0
AASHO MODIFICADO 56 GOLPES	DENSIDADE MÁXIMA UMIDADE ÓTIMA I.S.C EXPANSÃO					
DADOS DE CAMPO	M.E. "in situ" (g/dcm ³) UMIDADE (%)					
Observação: Ensaios dos solos que compõem as camadas do pavimento existente da Av. Tancredo Neves						

Obs: PREDOMINÂNCIA DE SOLO SA24 (73%) OCORRÊNCIA DE SOLO SA1B (20%).

MEDIDAS DE DEFLEXÃO E DETERMINAÇÃO DE I.G.G.

LADO DIREITO:

ESTACAS	DEFLEXÕES		RAIO DE CURVATURA		I.G.G.	SIT
	Média	Característica	Mínimo	Máximo		
0-9	79	94	104	104	82,07	Mau
10-69	59	69	139	277	56,51	Regular
70-158	55	63	139	208	68,95	Regular
159-169	73	82	92	92	23,99	Regular
170-222	59	70	104	208	57,75	Regular
223-258	59	71	92	166	70,17	Regular
254-330	63	73	104	277	38,06	Regular
331-377	61	71	92	277	72,59	Regular

LADO ESQUERDO:

ESTACAS	DEFLEXÕES		RAIO DE CURVATURA		I.G.G.	SIT
	Média	Característi-	Mínimo	Máximo		
0-13	56	62	208	208	56,13	Regular
14-21	76	83	92	92	90,46	Mau
22-71	52	62	166	277	54,79	Regular
72-130	53	63	166	277	55,50	Regular
131-222	55	66	104	277	87,15	Mau
223-253	59	71	139	166	56,66	Regular
254-320	58	72	166	277	44,69	Regular
321-377	55	64	119	277	61,93	Regular

CONTAGEM DE TRÁFEGO

VEÍCULO	MÉDIA DIÁRIA EM UM SENTIDO
Carro de Passeio	11.974
Utilitário	1.966
Ônibus	2.261
Caminhão médio	749
Caminhão pesado	460
Reboque	94
Total	17.504
Total ônibus e caminhões	3.564

C.B.U.Q. (ENSAIO MARSHALL)

ENSAIOS DOS MATERIAIS

MATERIAL	DENSIDADE REAL	DENSIDADE APARENTE	DESGASTE LOS ANGELES	ÍNDICE DE FORMA	EQUIV. DE AREIA
BRITA	2,69	1,37	20%	1,5	---
PÓ DE PEDRA	2,68	1,49	---	---	37%
AREIA	2,64	1,61	---	---	87%
AREIA + PÓ DE BRITA	---	---	---	---	56%

PROJETO DA MISTURA DE AGREGADOS

PENEIRAS	BRITA	PÓ	AREIA	PROJETO	FAIXA "C" DNER
2"	100		100	100	100
1 1/2"	100		100	100	100
1"	100		100	100	100
3/4"	100		100	100	100
1/2"	90,15		100	98	85– 100
3/8"	63,48		100	91	75– 100
Nº 4	16,23	99,93	100	79	50– 85
Nº 10	3,48	73,23	99,70	63	30– 75
Nº 40	1,75	30,45	68,24	33	15– 40
Nº 80	1,24	15,45	23,26	14	8– 30
Nº 200	0,56	6,00	6,98	5	5- 10

C.B.U.Q.

RESULTADOS OBTIDOS

AMOSTRAS	01	02	03	04	MÉDIA	FAIXA
Densidade teórica (g/cm ³)	2,437	2,437	2,437	2,437	2,437	
Vazios %	3,53	3,28	3,86	4,43	3,78	3– 5
R.B.V. (%)	79,66	80,86	78,12	75,66	78,55	75– 82
Fluência (0,01")	10,00	10,00	15,00	15,00	12,50	8– 16
Estabilidade (kg)	853,00	949,00	853,00	817,00	868	> 450

TRAÇÃO EM PORCENTAGEM (%)

BRITA "0"	23,48
AREIA MÉDIA	25,35
PÓ DE PEDRA	45,07
CAP 50/60	6,07
DOP	0,03

MATERIAL GRANULAR

A M O S T R A S								
PENEIRAS		01	02	03	04	05	06	07
	2"							
	1"	65,67	94,22	93,91	89,25	87	86	95
	3/8"	43,20	77,91	58,54	63,13	71	69	78
	Nº4	30,49	57,03	45,35	45,00	56	37	47
	Nº10	21,54	43,27	33,37	31,74	48	29	39
	Nº40	11,31	28,43	20,27	22,47	33	20	27
	Nº200	5,32	15,00	9,94	9,13	12	10	13
FAIXA ASSHO		A	C	B	D	D	B	C
L.L. (%)					18,82			
I.P. (%)								
E.A. (%)								
I.G.		0	0	0	0	0	0	0
CLASSIFICAÇÃO H.R.B.		A1 A	A1 A	A1 A	A1	A1 B	A1 A	A1 A
26 GOLPES	Densidade Máxima (Kg/m ³)	1890	2030	1950	2174	2210	2230	2200
	Umidade Ótima (%)	14,6	11,6	13,7	9,2	8,1	7,3	9,0
	C. B. R. (%)	71	94	80	87	80	78	79
	Expansão (%)	0,06	0,06	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00

APLICAÇÕES:

- SUB BASE
- BASE
- BASEC/SOLO - BRITA

SOLO BRITA

A M O S T R A S									
PENEIRAS		01	02	03	04	05	06	07	
	2"								
	1"	87,86	78,77	100	100				
	3/8"	66,13	65,72	62	62				
	Nº4	47,12	55,01	45	45				
	Nº10	32,79	42,89	35	36				
	Nº40	18,05	25,81	28	24				
	Nº200	10,27	14,09	14	10				
FAIXA ASSHO		B	B	C	C				
L.L. (%)									
I.P. (%)									
E.A. (%)									
I.G.		0	0	0	0				
CLASSIFICAÇÃO H.R.B.		A1 B	A1 B	A1 A	A1 A				
26 GOLPES	Densidade Máxima (Kg/m³)	2000	2012	2160	2190				
	Umidade Ótima (%)	12,8	13,8	9,0	9,2				
	C. B. R. (%)	84	78	84	74				
	Expansão (%)	0,1	0,1	0,01	0,01				

MATERIAL GRANULAR -75% - Volume Solto

BRITA 1 -25% - Volume

APLICAÇÃO - Base

BRITA GRADUADA									
A M O S T R A S									
PENEIRAS		01	02	03	04	05	06	07	
	2"		100						
	1"	100	98						
	3/8"	78	68						
	Nº4	58	49						
	Nº10	39	31						
	Nº40	24	21						
	Nº200	12	11						
FAIXA ASSHO		C	C						
L.L. (%)									
I.P. (%)									
E.A. (%)		37	37						
I.G.									
CLASSIFICAÇÃO H.R.B.									
55 GOLPES	Densidade Máxima (Kg/m ³)	2160	2160						
	Umidade Ótima (%)	6,7	7,4						
	C. B. R. (%)	104	117						
	Expansão (%)								

APLICAÇÃO - BASE

IV - A obra:

Período Março a Outubro de 2001

- Nos trechos onde foi projetada camada de reforço, efetuamos a selagem das trincas com emulsão rl-1c e areia, seguido de uma camada regularizadora com c.b.u.q. (2,5 A 3,0 cm) sobre pintura de ligação, com motoniveladora e uma camada final de c.b.u.q. (3,0 a 3,5cm), com vibro-acabadora sobre uma segunda pintura de ligação (emulsão rl-1c).
- Nos acostamentos, executamos base com material granular, seguido de imprimação com cm-30 e revestimento com c.b.u.q. (5 cm).
- Nos trechos onde foi recomendada a reconstrução ou reciclagem optamos pela reciclagem.
- Após executarmos uma área de 10.000m², interrompemos os serviços de reciclagem pelos motivos relacionados:

- 1) Diferença de produtividade entre a recicladora e usina de asfalto;
- 2) Impedimento de fechar grandes áreas ao tráfego da Avenida (17.000 veículos/dia/sentido);
- 3) Período chuvoso

Executamos o restante pelo método tradicional:

- Corte de capa, base, sub-base (35 cm);
- Execução de base em duas camadas de 15 cm (camada inferior com material granular e superior com solo-brita ou brita graduada);
- Imprimação com cm-30;
- Revestimento em c.b.u.q. com espessura de 5cm (Obs: +2,5cm decorridos 5 anos)

DRENAGEM:

Corrigimos alguns problemas de drenagem com construção de redes tubulares, calhas superficiais, descidas d'água e caixas coletoras.

MATERIAIS PARA BASE E SUB-BASE:

- 1) Material granular
- 2) Solo-brita
- 3) Brita graduada

QUADRO RESUMO

ÁREA (m ²)	SOLUÇÃO	LOCAL (IS)
92.000 m ²	Camada de reforço variando de 5,0cm a 6,0cm de c.b.u.q.	Nas duas faixas
20.000 m ²	Execução de base com material granular com E= 20cm, e capa com 5cm (c.b.u.q.)	Faixa de acostamento
10.000 m ²	Reciclagem com incorporação de capa e material de base existente com E total = 15cm	Nas duas faixas
30.000 m ²	Execução de base em duas camadas, com 15 cm cada. 1ª Camada – Material granular 2ª Camada – Solo – brita ou brita graduada	Nas duas faixas
TOTAL 152.000 m²		

V - Conclusão:

Em abril de 2003 (dezoito meses após a conclusão das obras) fizemos medidas de deflexões:

ANTES DA OBRA		ABRIL DE 2003		DIFERENÇA (%)	
D (1/100) mm	R (m)	D (1/100) mm	R (m)	D	R
58	195	51	223	- 12,07	+ 14,35

Decorridos 1,5 anos, após a conclusão dos serviços, as deflexões estão 12% inferiores às medidas antes da obra e conseqüentemente os raios das bacias de deformação estão 14% superiores.

Decorrido este período, a pavimentação se encontra numa situação boa, não sendo detectadas fissuras nem afundamento plásticos.

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

EXECUÇÃO DE RECICLAGEM DE REVESTIMENTO E BASE



EXECUÇÃO DE SUB-BASE



EXECUÇÃO DE BASE COM BRITA GRADUADA



BASE IMPRIMADA COM CM 30



EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO COM C.B.U.Q

BIBLIOGRAFIA**I- NORMAS DO DNER.**

- 1 - ES 301/97 PAVIMENTAÇÃO - SUB-BASE ESTAB. GRAN.
- 2 - ES 302/97 PAVIMENTAÇÃO - BASE ESTAB. GRAN.
- 3 - ES 306/97 PAVIMENTAÇÃO - IMPRIMAÇÃO
- 4 - ES 307/97 PAVIMENTAÇÃO - PINTURA DE LIGAÇÃO
- 5 - ES 313/97 PAVIMENTAÇÃO - CONCRETO BETUMINOSO
- 6 - ES 321/97 PAVIMENTAÇÃO - REV. PAV. FLEXÍVEIS
- 7 - ME 024/97 - PAVIMENTAÇÃO - DET. DAS DEFLEXÕES P/V. DE BENKELMAN
- 8 - PRO 011/79 - AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.

II - MANUAL DE TÉCNICAS DE PAVIMENTAÇÃO VOL. I E VOL. II

Wlastermiler de Senço

III PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA CONCEITOS FUNDAMENTAIS SOBRE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Salomão Pinto e Ernesto Preussler

Autor do Trabalho:

Engº Antônio José de Vasconcelos

Telefones: (79) 9979 6643 e (79) 3179 - 1659

E-mail: antonio.jv@uol.com.br

A Revista Pavimentação é trimestral e espera preencher a lacuna na área de publicações especializadas em pavimentação, contribuindo com o que há de mais atual neste segmento.

Aqueles que se interessarem em se associar à ABPv - Associação Brasileira de Pavimentação, os formulários encontram-se disponibilizados no site <http://www.abpv.org.br>

Demais informações :

ABPv - Associação Brasileira de Pavimentação

Tel.: 21-2233-2020/ 2263-5794 Fax.: 21-2233-0709

Rua Miguel Couto, 105 sobrelojas 204 e 205

20070-030 - Rio de Janeiro - RJ

abpv@abpv.org.br

Site da ABPv: www.abpv.org.br

Site da RPU: www.rpu.org.br

Site da RAPv: www.rapv.org.br

ANÁLISE LABORATORIAL DE CONCRETOS ASFÁLTICOS DRENANTES COM USO DE AGREGADOS CALCÁRIOS

Carlos Gustavo Macedo Oliveira, MSc

Márcio Muniz de Farias¹, PhD

José Camapum de Carvalho¹, PhD

Paulo Roberto Farias Falcão¹, Mestrando

Resumo

Misturas de concreto asfáltico drenante vêm sendo amplamente empregadas em rodovias e vias urbanas de diversos países, com destaque para os EUA, Japão e vários da Europa. Estes tipos de misturas caracterizam-se por ter um elevado índice de vazios, o qual propicia o escoamento das águas de chuva pelos poros, diminuindo consideravelmente a acumulação de água sobre a superfície do pavimento. Com isso, obtém-se uma redução do risco de hidroplanagem e, conseqüentemente, um menor registro de acidentes de trânsito. Além disso, há uma considerável redução dos ruídos oriundos do tráfego de veículos. O objetivo do presente trabalho foi analisar as propriedades mecânicas e hidráulicas do concreto asfáltico drenante, através de estudo em laboratório. Foram moldados corpos-de-prova com asfalto modificado por polímero SBS e agregados calcários da região do Distrito Federal. Ensaios de resistência à tração indireta, desgaste por abrasão Cántabro e índice de vazios foram realizados para a determinação do teor ótimo da mistura. Posteriormente, foram realizados ensaios de permeabilidade e estabilidade Marshall para a mistura no teor ótimo.

PALAVRAS-CHAVE: concretos asfálticos drenantes, calcários, polímeros, pavimentos.

¹ Programa de Pós-graduação em Geotecnia, Universidade de Brasília, Brasil.

1 Introdução

Concretos asfálticos drenantes vêm sendo amplamente aplicados como camada de revestimento de pavimentos em diversos países. França e Espanha, além de E.U.A. e Japão estão evoluídos no que diz respeito à tecnologia de aplicação destes tipos de mistura. No Brasil, a técnica é ainda incipiente e a maioria das aplicações têm sido feitas sob forma de trecho experimental.

A aderência entre o pneu e o pavimento sofre grande influência das condições climáticas, especialmente das chuvas. Em revestimentos molhados, a acumulação de água na frente do pneu do veículo faz com que pressões hidrodinâmicas sejam desenvolvidas na zona de contato pneu/pavimento. Dependendo da velocidade desenvolvida pelo veículo e da textura da superfície, a carga resultante dessas pressões pode superar a carga proveniente da pressão exercida pelo pneu sobre o pavimento. Nesse caso, o pneu perde o contato com a superfície ocasionando a perda do controle do veículo, sendo este fenômeno conhecido como hidroplanagem. Segundo Takahashi e Partl (1999), estudos estatísticos em diversos países mostram que os acidentes de trânsito são significativamente maiores em condições chuvosas, quando a resistência ao atrito e a visibilidade dos condutores são afetadas.

Visando minimizar os efeitos da chuva, a partir da década de 60 foram desenvolvidas misturas betuminosas com granulometria aberta, aplicadas, na sua maioria, sobre uma camada asfáltica existente. Com um elevado índice de vazios proporcionados pela granulometria aberta dos agregados, estas misturas propiciam a drenagem das águas pelos poros comunicantes, eliminando a lâmina de água existente na superfície. Além desta propriedade, as misturas oferecem ainda uma redução dos ruídos provenientes do tráfego de veículos devido à penetração do ar empurrado pelos pneus nos vazios da misturas. Segundo Fonseca (1998), as principais vantagens da utilização destas misturas drenantes em relação às misturas densas convencionais são:

- Redução dos riscos de aquaplanagem;
- Redução das distâncias de frenagem sob chuva;
- Aumento da distância de visibilidade e diminuição da projeção de água (spray);
- Menor reflexão luminosa do pavimento molhado;
- Maior percepção da sinalização vertical durante o período noturno;
- Redução dos níveis de ruído em até 6 dB(A).

No Brasil, vêm sendo realizadas algumas pesquisas relativas à pavimentação drenante, sendo grande parte dos agregados utilizados nestas pesquisas de origem basáltica ou granítica, comuns nas regiões Sul e Sudeste do país.

A região do Distrito Federal possui agregados provenientes de rocha calcária em abundância, sendo estes geralmente menos resistentes do que os de origem basáltica ou granítica. Como o custo de transporte é um dos maiores insumos no valor final de uma obra de pavimentação, seria inviável economicamente buscar agregados melhores para a aplicação nas obras locais. Daí a necessidade de se estudar as misturas asfálticas drenantes com o agregado calcário local.

Botelho e Santos Filho (2002) realizaram estudos em laboratório com misturas asfálticas drenantes utilizando agregados calcários de origem mineral calcítica. Nesta pesquisa, foram analisadas propriedades mecânicas e hidráulicas de concretos asfálticos drenantes com o uso de agregado calcário dolomítico visando avaliar o potencial de aplicação nas rodovias e vias urbanas do Distrito Federal.

2 - Pavimentos asfálticos drenantes

Os pavimentos drenantes são geralmente constituídos de duas camadas: uma camada drenante assente sobre uma camada densa convencional. Isso porque uma das principais funções do revestimento do pavimento é evitar a passagem de água para as camadas inferiores do pavimento. Além disso, por possuir um elevado índice de vazios, o concreto asfáltico drenante tem propriedades mecânicas inferiores às de uma mistura asfáltica densa, sendo esta a camada que responde estruturalmente pelo pavimento.

A Figura 1 ilustra a seção de um pavimento drenante. O concreto asfáltico drenante permite o escoamento das águas pluviais pelos vazios comunicantes. Ao encontrar a camada densa impermeável, a água escoou devido às inclinações do perfil da estrada, reduzindo, assim, a possibilidade de formação da lâmina d'água sobre a superfície de rolamento.

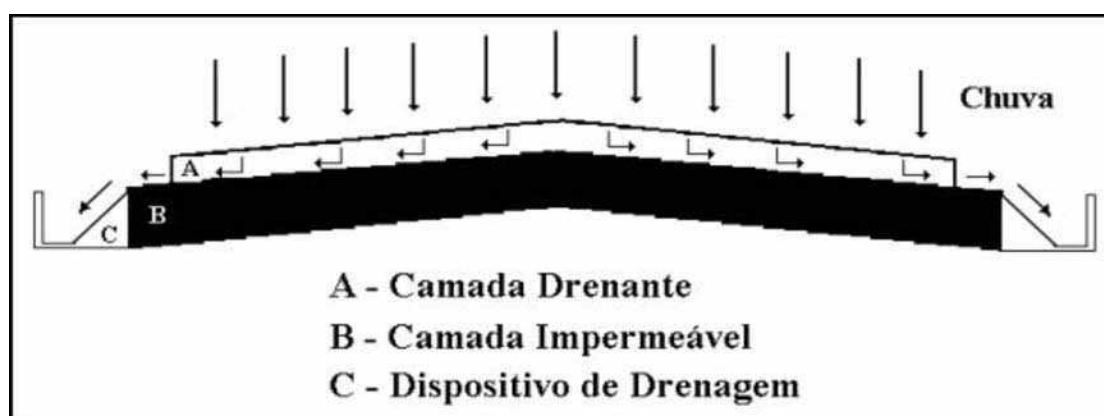


Figura 1 - Camadas do Pavimento Drenante

Os concretos asfálticos drenantes têm a sua eficácia avaliada em função da granulometria, composta em grande parte por agregados graúdos. Além disso, há possibilidade da existência de uma descontinuidade na composição granulométrica dos agregados, caracterizada pela eliminação do material situado em um determinado intervalo de peneiras. Essa descontinuidade contribui para o aumento do volume de vazios da mistura, maximizando a permeabilidade da mesma. Para uma avaliação mais precisa sobre a permeabilidade dos concretos asfálticos drenantes, deve-se ter uma noção de como os vazios se situam dentro da mistura, sendo geralmente classificados da seguinte maneira:

- a) Vazios efetivos: vazios que contribuem para a passagem e armazenagem de água;
- b) Vazios semi-efetivos: vazios que não contribuem para a passagem, mas permitem o armazenamento da água;
- c) Vazios ineficazes: vazios obscuros que não contribuem para a passagem nem armazenagem da água.

Segundo Momm (2002), a proporção de vazios comunicantes é maior em concretos asfálticos drenantes com maior volume de vazios. A Figura 2 ilustra os três tipos de vazios numa mistura asfáltica drenante.

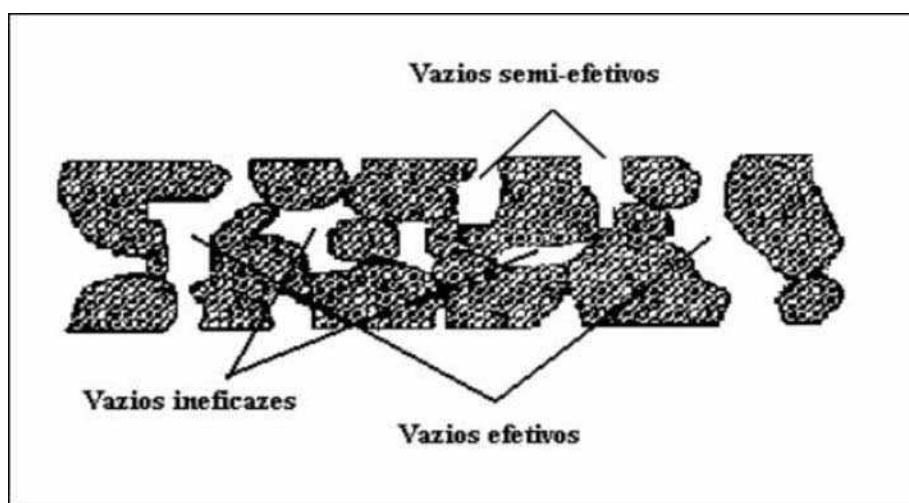


Figura 2 - Vazios do Concreto Asfáltico Drenante

3 - Materiais e métodos

O agregado utilizado na pesquisa foi proveniente de rocha carbonática dolomítica [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] e o cimento asfáltico de petróleo foi o CAP 20, modificado com 4% de polímero SBS (Estireno-Butadieno-Estireno).

3.1 - Composições Granulométricas

Foram concebidas duas composições granulométricas diferentes para o material em questão. A primeira, enquadrando-se na faixa IV da Especificação de Serviço do DNER para estes tipos de misturas (DNER-ES 386/99), visando simular a mesma composição utilizada na pesquisa de Botelho e Santos Filho (2002) e avaliar sob mesmas condições o comportamento das misturas com granulares provenientes dos minerais calcita (CaCO_3) e dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]. A segunda representa a condição real das frações granulométricas do material em estudo e enquadrou-se na faixa V da referida especificação. A Tabela 1 apresenta as faixas granulométricas estabelecida pelo DNER.

Tabela 1 - Faixas Granulométricas da DNER-ES 386/99

Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em peso (faixas)					Tolerância na curva de projeto (%)
ABNT	Abertura (mm)	I	II	III	IV	V	
3/4"	19,0	-	-	-	-	100	-
1/2"	12,5	100	100	100	100	70-100	± 7
3/8"	9,5	80-100	70-100	80-90	70-90	50-80	± 7
Nº 4	4,8	20-40	20-40	40-50	15-30	18-30	± 5
Nº 10	2,0	12-20	5-20	10-18	10-22	10-22	± 5
Nº 40	0,42	8-14	-	6-12	6-13	6-13	± 5
Nº 80	0,18	-	2-8	-	-	-	± 3
Nº 200	0,075	3-5	0-4	3-6	3-6	3-6	± 2
Ligante polimerizado solúvel no tricloroetileno, %		4,0-6,0					± 0,3

As Figuras 3 e 4 apresentam a composição granulométrica utilizada para as faixas IV e V, respectivamente.

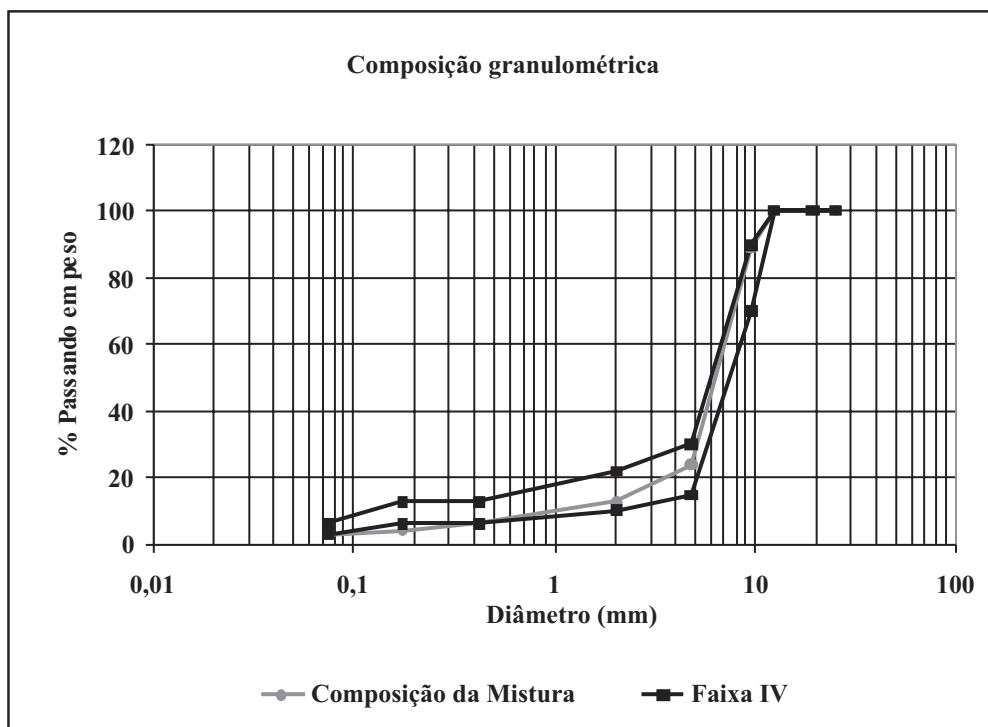


Figura 3 - Composição granulométrica Faixa IV

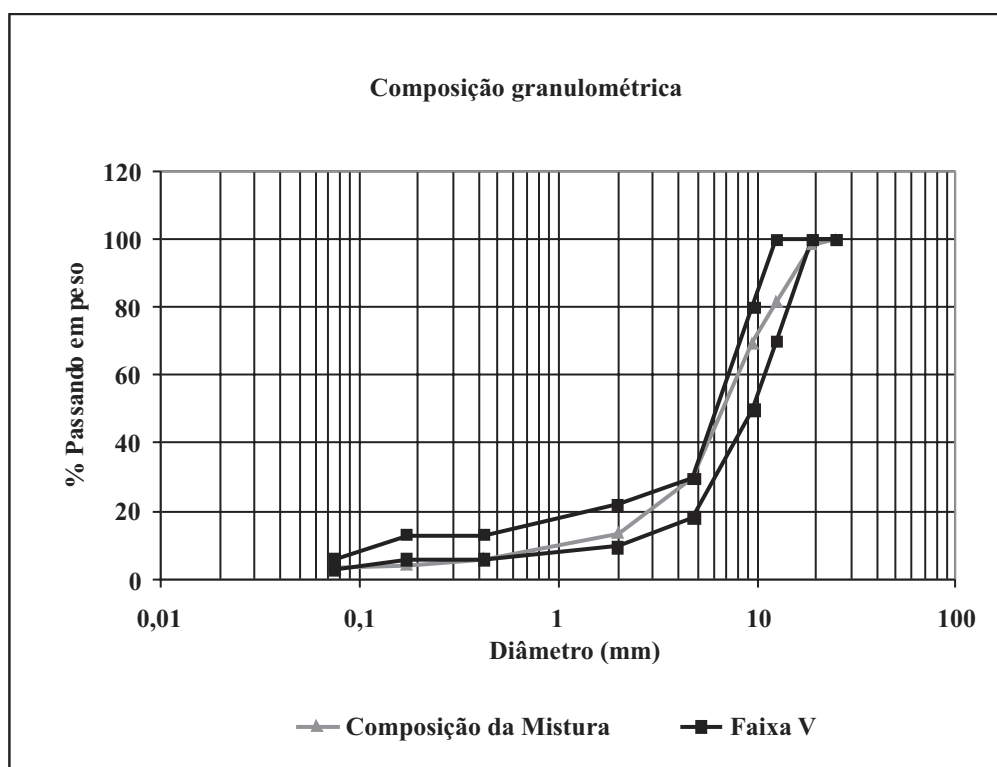


Figura 4 - Composição granulométrica Faixa V

De acordo com as Figuras 3 e 4, nota-se nas duas composições que há um leve desenquadramento na peneira nº 80 (0,18 mm). Isto porque, pela especificação do DNER há uma descontinuidade nessa peneira. Como o objetivo foi encontrar uma mistura já em condições de ser aplicada num trecho experimental, optou-se por não retirar a peneira em laboratório, o que é perfeitamente aceitável.

3.2 - Ensaios realizados

Foram moldados corpos-de-prova Marshall para verificação das condições de vazios, desgaste por abrasão Cántabro e resistência à tração por compressão diametral segundo as especificações exigidas pelo DNER, apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Especificações exigidas para camada porosa de atrito (DNER-ES 386/99)

Características	Especificações exigidas
Percentagem de Vazios	18 a 25%
Desgaste por Abrasão Los Angeles - Ensaio Cántabro	≤ 25%
Resistência à tração por compressão diametral a 25°C	≥ 0,55 MPa

O ensaio de desgaste Cántabro foi desenvolvido na Espanha e consiste em introduzir os corpos de prova dentro do tambor da máquina Los Angeles, sem as esferas de aço e aplicar 300 rotações. Com o peso inicial e o peso depois de submetido aos ciclos, obtém-se o desgaste da mistura betuminosa por abrasão. A norma nacional referente à execução deste ensaio é a DNER-ME 383/99.

O ensaio de determinação da resistência à tração por compressão diametral das misturas seguiu os procedimentos descritos no método de ensaio 138/94 do DNER. Consiste na moldagem de três corpos-de-prova para cada teor e posterior determinação das alturas e diâmetros respectivos. Após a estabilização da temperatura em 25°C, coloca-se o corpo-de-prova na prensa em posição horizontal e aplica-se carga até a ruptura. A norma nacional referente à execução deste ensaio é a DNER-ME 138/94.

A determinação dos vazios da mistura foi feita através da determinação da sua densidade aparente.

Após a realização dos ensaios citados, determinou-se o teor ótimo da mistura e partiu-se então para os ensaios de estabilidade Marshall e permeabilidade. Além disso, foram realizados ensaios de módulo resiliente e fadiga, no intuito de avaliar melhor o comportamento mecânico da misturas, embora pese o fato de que os concretos asfálticos drenantes, em sua grande maioria, não tenham função estrutural.

Para a realização do ensaio de permeabilidade foi montado um aparato de acordo com o equipamento desenvolvido pelo Swiss Federal Laboratories for Materials (EMPA). O princípio do ensaio consiste em vedar lateralmente o corpo-de-prova (com parafina ou silicone) para que a vazão ocorra somente na direção vertical. Em seguida, procede-se de acordo com as etapas descritas a seguir:

- Fixa-se o corpo-de-prova vedado lateralmente numa base de PVC de fundo livre de modo que o fluxo aconteça somente na direção vertical;
- Fixa-se o corpo do permeâmetro (tubo de PVC de 100 mm de diâmetro) à parte superior livre do corpo-de-prova com auxílio de silicone;
- Deixa-se o equipamento ao ar por 24 horas para a secagem completa do silicone;
- Coloca-se o equipamento no interior do recipiente adaptado com uma saída de excesso do tipo “ladrão” e adiciona-se água até a imersão do corpo-de-prova;
- Após a imersão do corpo-de-prova, segue-se adicionando água pela parte superior do tubo de PVC e faz-se um controle da água que entra com a água que sai do ladrão, de modo a encontrar um equilíbrio no sistema;
- O equilíbrio é atingido quando a coluna de água visualizada pelo tubo de acrílico ligado ao corpo do permeâmetro é estabilizada;
- Após a estabilização da coluna de água, interrompe-se o fluxo de água e observa-se a queda da coluna de água;
- O tubo de acrílico possui duas marcas distanciadas 20 cm uma da outra. Quando a coluna de água passa pela marca superior, inicia-se a coleta da água que sai pelo ladrão e mede-se o tempo com auxílio de um cronômetro. Interrompe-se o processo quando a coluna de água atinge a marca inferior;
- Mede-se o volume de água coletado com auxílio de um béquer de um litro graduado;
- O cálculo da permeabilidade também é feito utilizando-se a seguinte expressão:

$$k = 2,3 \times \frac{aL}{At} \times \left[\log \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \right] \quad (1)$$

Onde:

k = Permeabilidade (cm/s);

a = Área da seção transversal do tubo (cm²)

L = Altura da amostra (cm);

A = Área da seção transversal da amostra (cm²);

t = Tempo para o fluxo entre as duas marcas (s);

h_1 = Altura da água na marca superior do tubo (cm);

h_2 = Altura da água na marca inferior do tubo (cm);

A Figura 5 ilustra o esquema do ensaio e a Figura 6 apresenta o equipamento que foi montado no Laboratório de Geotecnia da Universidade de Brasília UnB para a realização do ensaio.

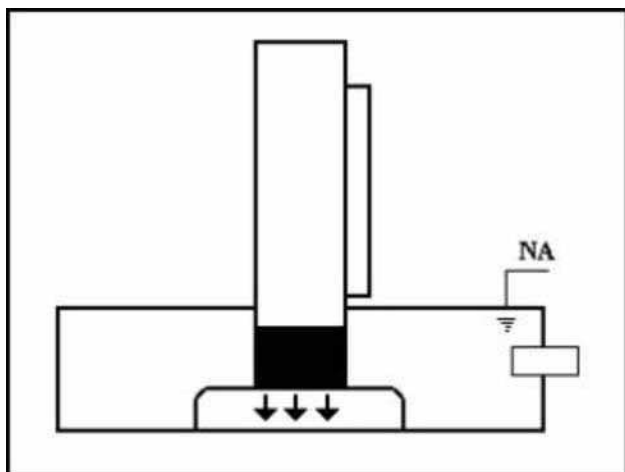


Figura 5 - Esquema do ensaio de permeabilidade.



Figura 6 - Equipamento para ensaio de permeabilidade.

4 - Apresentação e análise dos resultados

As Figuras 7 e 8 apresentam os valores médios de volume de vazios para as misturas nas faixas IV e V, respectivamente. As misturas na faixa IV apresentaram valores médios de volume de vazios superiores às da faixa V. Apesar de a mistura na faixa V possuir um tamanho máximo de agregado maior (12,5 mm), a proporção de materiais passantes nas peneiras de diâmetro menor (Nº 80 e Nº 200) é um pouco maior, quando comparada com a mistura na faixa IV. Com uma proporção maior de finos, tende-se a reduzir os vazios da mistura.

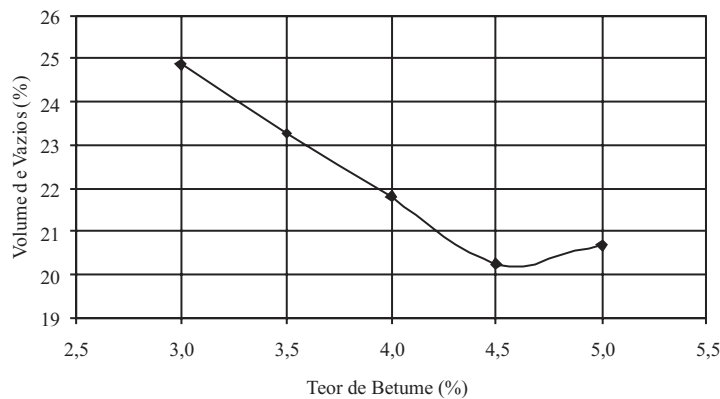


Figura 7 - Valores médios do volume de vazios (Faixa IV)

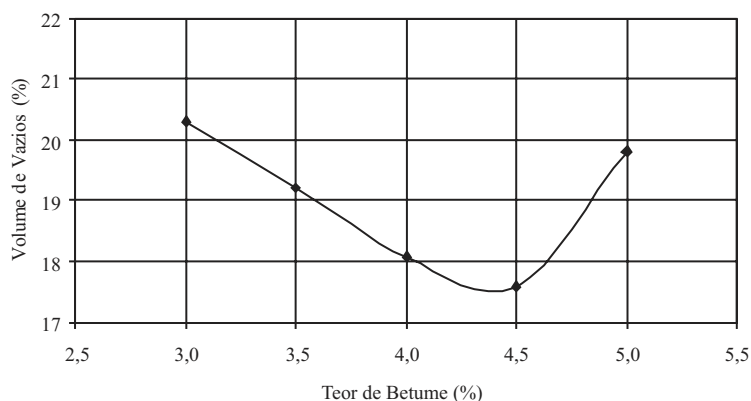


Figura 8 - Valores médios do volume de vazios (Faixa V)

Os resultados de desgaste por abrasão Cántabro e resistência à tração por compressão diametral foram confrontados com os resultados obtidos por Botelho & Santos Filho (2002) para agregados de origem calcítica. Foi adotada a nomenclatura (DOL) para os calcários dolomíticos e (CALC) para os calcíticos. A partir dos resultados ilustrados nas Figuras 9 e 10 e das especificações da Tabela 2, determinou-se um teor ótimo de 4% para todas as misturas.

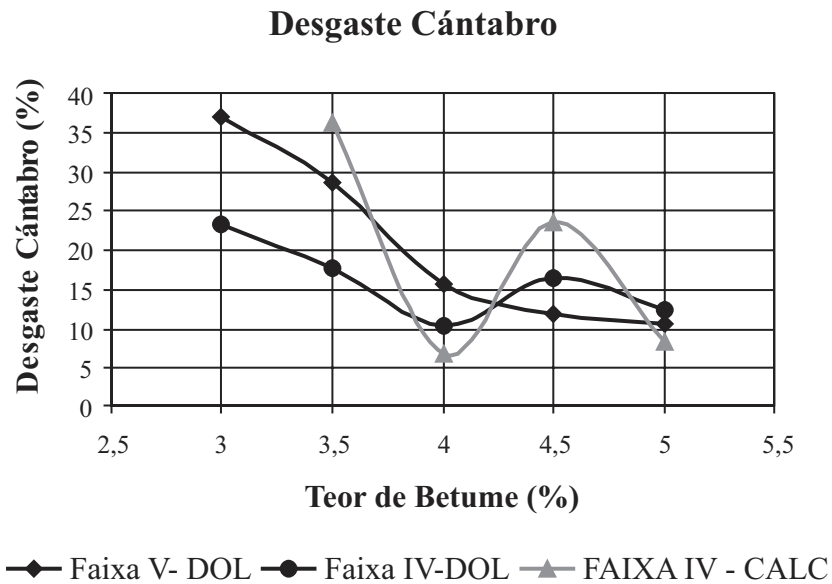


Figura 9 - Resultados do Ensaio Cántabro

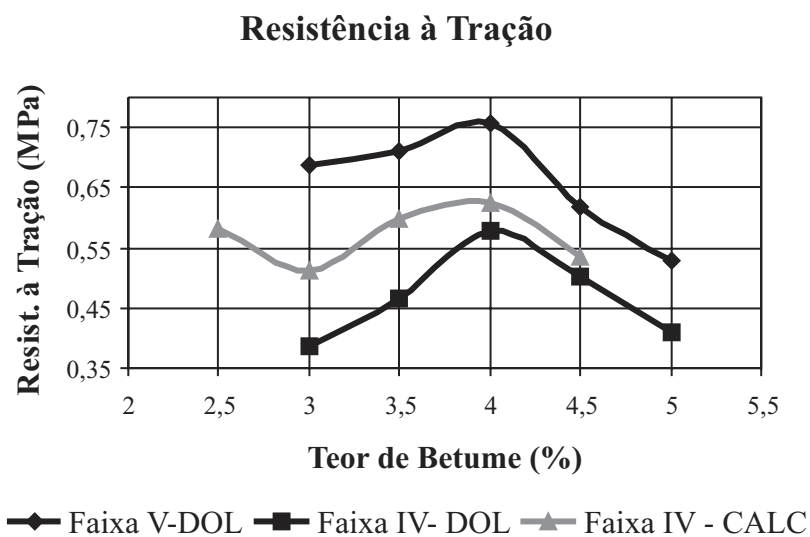


Figura 10 - Resultados de Resistência à Tração por Compressão Diametral

Foram realizados ensaios de estabilidade Marshall para a mistura no teor ótimo (4%). Apesar de a mistura drenante geralmente não ter função estrutural, em alguns países como o Japão, os revestimentos asfálticos drenantes possuem uma certa função estrutural e considera-se que se uma mistura drenante apresentar estabilidade Marshall superior a 3500 N, a mistura terá um bom desempenho em campo. Os resultados são mostrados na Figura 11.

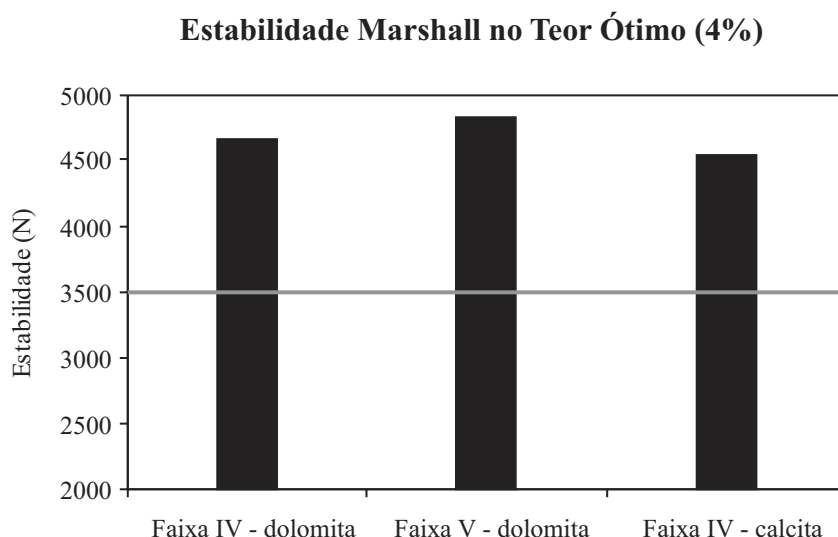


Figura 11 - Resultados de Estabilidade Marshall

Os resultados de estabilidade indicam que as misturas possuem comportamento semelhante quanto a essa propriedade, com a mistura na faixa V apresentando valor um pouco superior às demais, fato provavelmente ligado à maior percentagem de finos nesta faixa granulométrica.

Os resultados do ensaio de permeabilidade indicaram uma maior eficiência na percolação de água para as misturas na faixa IV. Isso já era esperado, pelo fato de essa mistura ter apresentado índice de vazios superior à mistura na faixa V. Para a mistura na faixa IV o valor médio do coeficiente de permeabilidade foi de $4,5 \times 10^{-1}$ cm/s. Para a mistura na faixa V, o valor médio foi de $3,9 \times 10^{-1}$ cm/s.

Estes resultados de permeabilidade são coerentes com outros valores encontrados na literatura. Segundo Porto (1999), medidas de permeabilidade efetuadas em trecho experimental de revestimento asfáltico drenante na rodovia SP-348 apresentaram um valor médio inicial de $3,1 \times 10^{-1}$ cm/s e decresceram para $1,2 \times 10^{-1}$ cm/s ao longo de cinco anos.

Takahashi e Partl (1999) realizaram ensaios de permeabilidade vertical e horizontal em 2 tipos de misturas drenantes. Os valores médios de permeabilidade vertical, cujo ensaio é semelhante ao realizado nesta pesquisa, foram de $1,7 \times 10^{-1}$ cm/s e $1,9 \times 10^{-1}$ cm/s para cada tipo de mistura. Botelho e Santos Filho (2002) realizaram ensaios de permeabilidade vertical e horizontal em mistura drenante com granulometria na faixa IV da DNER-ES 386/99. O valor médio da permeabilidade vertical foi de $2,6 \times 10^{-1}$ cm/s.

5 - Conclusões

Pode-se concluir pelos resultados obtidos que a mistura enquadrada na faixa IV do DNER apresentou uma funcionalidade maior no que diz respeito à permeabilidade. Isto se deve ao fato de possuir um maior volume de vazios.

As misturas da faixa IV apresentaram tendência semelhante no que diz respeito à perda por abrasão Cántabro com ambas apresentando a menor perda no teor de 4%. Já as misturas na faixa V apresentaram uma perda maior que as outras no teor de 4% e os desgastes foram decrescendo com o aumento do teor de ligante asfáltico.

No que diz respeito à resistência à tração por compressão diametral, as três misturas apresentaram a mesma tendência, alcançando a maior resistência no mesmo teor (4%). A mistura da faixa V com agregado calcário dolomítico apresentou os melhores valores de resistência.

As misturas não apresentaram diferença significativa no ensaio de estabilidade Marshall, com as misturas compostas por agregado calcário dolomítico apresentando um desempenho levemente superior.

Com relação à permeabilidade, as misturas apresentaram valores próximos e também coerentes com valores encontrados na literatura, mesmo com a ausência da descontinuidade nas composições granulométricas da mistura, o que favoreceria a obtenção de resultados melhores.

Finalmente, pode-se dizer que os granulares calcários utilizados na pesquisa mostraram-se eficientes em relação às propriedades mecânicas exigidas pela especificação do DNER. Entende-se que outras propriedades mecânicas devem ser avaliadas no intuito de avaliar a real possibilidade de aplicação do concreto asfáltico drenante nas rodovias e vias urbanas do Distrito Federal, sendo o ensaio de deformação permanente o principal dentre outros necessários à avaliação estrutural da mistura.

6 - Referências bibliográficas

BOTELHO, F.V.C. & SANTOS FILHO, F.P. (2002). Viabilidade de Execução de Asfalto Drenante com o Uso de Calcário do DF. Estágio Supervisionado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

DNER-ES 386/99. Norma Rodoviária. Especificação de Serviço. Pavimentação Pré-misturado a quente com asfalto polímero camada porosa de atrito.

DNER-ME 138/94. Norma Rodoviária. Método de Ensaio. Misturas Betuminosas determinação da resistência à tração por compressão diametral.

DNER Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1999). Método de Ensaio. DNER-ME 383/99, Desgaste por abrasão de misturas betuminosas com asfalto polímero ensaio Cántabro, 2 p.

FONSECA, P. (1998). Misturas Betuminosas Drenantes A Experiência Portuguesa. III Encontro Nacional de Conservação Rodoviária - MG.

MOMM, L. (2002). Pavimento drenante em concreto asfáltico, 7º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, Vitória, ES, 27 p.

PORTO, H. G. (1999). Pavimentos Drenantes. 1ª ed. D & Z Computação Gráfica e Editora, São Paulo, SP.

TAKAHASHI, S. & PARTL, M.N. (1999). Improvement of Mix Design for Porous Asphalt. EMPA, Switzerland.

UMA ODE À PONTE PELOS SEUS 31 ANOS

Há 31 anos foi inaugurada a Ponte Presidente Costa e Silva, conhecida nacional e internacionalmente como Ponte Rio-Niterói. Um dos marcos da engenharia nacional com 13.290m de extensão, 26,60m de largura, 6 faixas de rolamento com dois acostamentos de 1,80m e altura máxima de 72m acima do nível do mar, foi considerada na década de 1970 a oitava maravilha do mundo moderno.

A Ponte liga o Rio de Janeiro não apenas a Niterói, Região dos Lagos, Campos dos Goytacazes e Vitória, no Espírito Santo, mas abrange uma extensão muito maior como Osório, no Rio Grande do Sul à capital do Rio Grande do Norte, Natal. Tem-se, portanto, a consagração de um projeto de integração econômico e social.

Hoje, com um tráfego diário de 135 mil veículos por dia, num total de aproximadamente 400 mil pessoas transportadas, seria difícil imaginar sua inexistência. Dados históricos apontam que o Decreto nº 6.138 de 1875 do Imperador Pedro II favoreceu o engenheiro inglês Hamilton Lindsay Bucknall com a concessão de um túnel ferroviário que ligava o Calabouço, no Rio de Janeiro, a Gragoatá, em Niterói. No entanto, 50 anos depois, em 1932, o engenheiro brasileiro Mello Marques propôs a mesma ligação através de uma ponte.

Em 1943 o Deputado Duarte de Oliveira tentou levar o projeto avante, mas batia de frente com a posição tomada pelas autoridades que insistia na travessia via túnel. Em 1952 o Governo Federal abriu concorrência pública internacional para a execução do túnel, sendo vencedora a firma francesa Études et Enterprises, que adotou o traçado Praça Mauá-Avenida Feliciano Sodré. Como nas vezes anteriores, o projeto não se concretizou.

Somente em 1963 o governo cria um grupo de trabalho para que, fundamentado em pareceres técnicos, decida sobre a ligação entre as duas cidades por túnel ou por ponte. A alternativa ponte é a vencedora e o Decreto nº 51 de 1965 nomeou um grupo de trabalho que apresentou um relatório o qual determinou o melhor traçado para o projeto. Baseado nesse relatório, o Governo Federal, em 12 de

dezembro, cria a Comissão Executiva da Ponte Rio-Niterói, com representantes do MVOP Ministério de Viação e Obras Públicas, do DNER Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, do Ministério do Planejamento e Governo dos dois Estados (Rio de Janeiro e Guanabara).

Finalmente, em 23 de agosto de 1968 foi publicado o edital de concorrência para a execução do projeto. No início do seguinte começaram as obras desta que é hoje uma das maiores pontes do mundo.

Na década de 1990, em decorrência da falta de recursos para a sua conservação e manutenção, a Ponte foi escolhida para iniciar o Programa Nacional de Concessão de Rodovias. Fato que se deu por motivos técnicos e operacionais urgentes.

Hoje, sua exploração e manutenção se dão através da Concessionária Ponte S.A. que cumpre a missão estratégica de proporcionar suporte, infraestrutura e operação rodoviária de qualidade.

Revitalizada e num trabalho de manutenção contínua, algumas obras de extrema importância foram realizadas, tais como: o reforço interno dos caixões metálicos da superestrutura do vão central e a substituição do pavimento asfáltico por concreto armado constituindo uma laje de reforço estrutural adicional em determinado trecho. Para neutralizar as oscilações das estruturas do vão central sob fortes ventos, a solução veio de um projeto desenvolvido pela Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro Coppetec/UFRJ chamado Atenuadores Dinâmicos Sincronizados (ADS).

O Homem ao longo de sua história tem procurado facilitar e encurtar os caminhos que o integrem a outras terras, superando os obstáculos naturais. O desejo projeta o sonho que, ligado à tecnologia o torna realidade. Hoje, homenageamos a todos que, em maior ou menor grau se engajaram nesse projeto da engenharia nacional que tanto orgulha o país.

Imagine se ninguém tivesse pensando nisso?

*Georgina Libório Azevedo
Jean Pierre M. Santiago*



Maceió - Alagoas 5 a 7 de abril de 2006

A Prefeitura Municipal de Maceió em parceria com a Associação Brasileira de Pavimentação - ABPv, com o apoio da SOMURB, SMCCU e SMTT, de diversos outros órgãos públicos e de empresas privadas, realizará de 05 a 07 de abril de 2006, no Centro de Convenções em Jaraguá, a 13ª Reunião de Pavimentação Urbana, evento de âmbito nacional. Estarão presentes no congresso cerca de 1.000 participantes de todo país, inclusive convidados estrangeiros. O público alvo corresponde aos profissionais de empresas privadas, técnicos, engenheiros, dirigentes de órgãos públicos, secretários e/ou superintendentes municipais, pesquisadores,

professores, construtores, consultores e estudantes que atuam no campo de pavimentação. Vide <http://www.rpu.org.br>.

A programação prevê a apresentação de trabalhos técnicos, palestras, cursos e, paralelamente, uma exposição de serviços e produtos de pavimentação. Haverá ainda três conferências a serem proferidas pelo Ministro das Cidades (abertura solene, 1º dia de reunião 05 de abril de 2006), Ministro dos Transportes (2º dia de reunião 06 de abril de 2006) e pelo Prefeito de Goiânia (3º dia de reunião 07 de abril de 2006).

Destinado a todos os envolvidos na área de pavimentação urbana:

- Engenheiros de prefeituras municipais;
- Professores universitários de cursos em áreas relativas;
- Pesquisadores da área de pavimentação urbana e obras públicas;
- Formuladores de políticas públicas e de fomento à pesquisa;
- Estudantes de graduação e pós-graduação em áreas relativas.

INFORMAÇÕES GERAIS PARA APRESENTAÇÃO DE TRABALHOS

13/02/2006: Comunicação de aceitação dos trabalhos.

06/03/2006: Prazo final de entrega dos trabalhos completos.

Secretaria Executiva



Av. Sandoval Arroxelas, 442 Ponta Verde
Maceió Alagoas CEP: 57035-230
Fone/Fax: (82) 3231-8238 / 3231-1335
e-mail: mep@mepeventos.com.br

<http://www.rpu.org.br>

A 37ª Reunião Anual de Pavimentação - 37.ª RAPv e o 11º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária - 11º ENACOR serão realizados em conjunto na cidade de Goiânia-GO, no período de 8 a 11 de agosto.

Juntamente com a Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv) e a Associação Brasileira dos Departamentos de Estradas de Rodagem (ABDER), instituições locais estão apoiando a organização como a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), a Agência Goiana de Transportes e Obras (AGETOP), a Universidade Federal de Goiás (UFG), a Universidade Católica de Goiás (UCG), Universidade Estadual de Goiás (UEG), o Centro Federal de Ensino Tecnológico de Goiás (CEFET-GO), o Conselho Regional de

Engenharia e Arquitetura de Goiás (CREA-GO) e a Petrobras.

A 37ª RAPv e o 11º ENACOR consistirão na realização de palestras ministradas por profissionais de renome, apresentação de artigos técnicos, stands para exposição de equipamentos, produtos e serviços, bem como programação cultural.

Dentre os temas técnicos que serão tratados, destacam-se:

- Materiais de pavimentação;
- Avaliação e dimensionamento de pavimentos;
- Construção e manutenção de pavimentos;
- Gerência de pavimentos;
- Drenagem;
- Novas técnicas de pavimentação: materiais, equipamentos e métodos.

A 37ª RAPv e o 11º ENACOR pretendem receber profissionais tanto de empresas privadas como de órgãos municipais, estaduais e federais atuantes na área de pavimentação, representantes da área acadêmica, pesquisadores, estudantes de graduação e de pós-graduação. O evento tem o propósito de discutir problemas e soluções existentes na área,

apresentar avanços nas pesquisas e no desenvolvimento tecnológico, promover a atualização dos participantes e propiciar o intercâmbio entre todos.

Mais informações estarão disponíveis no site da RAPv (www.rapv.org.br), da ABPv (www.abpv.org.br) e da ENACOR (www.enacor.com.br).





35ª RAPv - Melhores Trabalhos Rio de Janeiro, RJ 19 a 21 de outubro de 2004

ABPv
Há 46 anos promovendo a
técnica da pavimentação.
www.abpv.org.br

A 35.^a RAPv 35.^a Reunião Anual de Pavimentação teve por objetivo agregar o conhecimento desenvolvido por pesquisadores e profissionais da área de pavimentação rodoviária e aeroportuária, num evento de caráter Nacional e, colocá-los para discussão num fórum de debates através da apresentação oral e questionamento dos trabalhos selecionados pelo Comitê Científico da ABPv. Os temas envolveram Materiais de Construção bem como Técnicas Construtivas, Drenagem de Pavimentos, Manutenção, Reabilitação e Controle de Obras;

Avaliação e Dimensionamento dos Pavimentos inclusive, envolvendo a Mecânica dos Pavimentos e finalmente, as questões da Gerência, Análise Econômica, Meio Ambiente, Desenvolvimento Rodoviário, Estudos de Casos e Drenagem de Pavimentos.

Abaixo apresentamos a relação dos melhores trabalhos técnicos dessa reunião. Nossos mais sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram para a realização dessa edição da RAPv no Rio de Janeiro.

- 148 CONCRETO ASFALTO: UTILIZAÇÃO DE REJEITOS COMO FÍLER
Cláudio Luiz Dias Leal e Protásio Ferreira e Castro
- 088 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES ACERCA DE ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO DO DANO POR UMIDADE EM MISTURA ASFÁLTICA Densa
A.P. Furlan , C. R. G. dos Santos, A. C. Gigante & G. T. P. Fabbri
- 016 REAPROVEITAMENTO DE AREIA DE FUNDIÇÃO COMO AGREGADO EM MISTURAS ASFÁLTICAS DENSAS DO TIPO CONCRETO ASFÁLTICO
Benedito Coutinho Neto e Glauco Tulio Pessa Fabbri
- 146 CARACTERÍSTICAS DE LIGANTES E MISTURAS BETUMINOSAS A SEREM USINADOS E COMPACTADOS A BAIXA TEMPERATURA
Leni Leite e Cristina Bittencourt
- 095 EFEITOS DA ESTABILIZAÇÃO QUÍMICA NOS PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA MECÂNICA DE UM SOLO RESIDUAL JOVEM CARACTERÍSTICO DO SUBLEITO DE RODOVIAS DA MICRORREGIÃO DE VIÇOSA-MG
Fernando Paulo Caneschi; Tiago Pinto Trindade; Dario Cardoso de Lima; Carlos Alexandre Braz de Carvalho; Carlos Cardoso Machado e Alexandre Gori Santana de Carvalho
- 145 ESTUDO DO COMPORTAMENTO RESILIENTE DE DIVERSOS SOLOS E MATERIAIS BRITADOS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO
Celso Reinaldo Ramos e Laura Maria Goretti da Motta
- 057 REPETITIVIDADE DE MEDIDAS DE ENSAIOS EM CORPOS-DE-PROVA DE MISTURAS ASFÁLTICAS DE MICRORREVESTIMENTOS ASFÁLTICOS A FRIO, UTILIZANDO O LOAD WHEEL TESTER LWT
Marcus dos Reis e Rita Moura Fortes
- 120 AVALIAÇÃO DE CINCO ANOS DE PROGRAMA INTERLABORATORIAL DE ASFALTO
Rita Moura Fortes; Alexandre Zuppolini Neto; Mirella Pennacchi Assali e Álvaro Sérgio Barbosa Júnior
- 126 DESEMPENHO DE MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO ESTUDO DE CASO
André Felipe Vale e Carlos Y. Suzuki
- 058 ANÁLISE COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS DE RESTAURAÇÃO DE BASES COM INCORPORAÇÃO DE ASFALTO FRESADO
Luciana Michèlle Dellabianca Araújo e Márcio Muniz de Farias

SIMPÓSIO INTERNACIONAL 2005 RECICLAGEM DE PAVIMENTOS SÃO PAULO - MARÇO 14 - 16 ISSN 1807-9458 (CD-ROM)

O Simpósio Internacional Reciclagem de Pavimentos foi realizado em São Paulo, de 14 a 16 de março de 2005 e organizado pela Universidade Presbiteriana Mackenzie, Universidade do Mississippi, Associação Brasileira de Pavimentação e iSMARTi. O Comitê Científico foi composto por membros de muitos países e responsável pela qualidade dos trabalhos técnicos e programa. Este evento constituiu-se numa excelente oportunidade para a discussão de temas atuais, interação e troca de

conhecimentos além da divulgação de pesquisas inovadoras utilizadas em reciclagem de pavimentos.

A ABPv, fazendo jus aos melhores trabalhos deste Simpósio, os relacionam abaixo e parabeniza seus autores pelo empenho para o aprimoramento da técnica. Agradecemos também a todos os organizadores e componentes do Comitê Científico deste evento.

- 1) 042 TRANSPORTATION RELATED ENVIRONMENTAL IMPACTS AND SOCIETAL COSTS FOR LIFE-CYCLE ANALYSIS OF COSTS AND BENEFITS
Professor Waheed Uddin – USA
- 2) 005 EXPERIENCE OF REHABILITATION ACTIONS IN SOUTH AFRICA
A.T. Visser - South Africa
- 3) 012 PROCEDURE FOR VEHICLES DUST EMISSION MEASUREMENT ON UNPAVED ROADS
Guillermo Thenoux; Felipe Halles e Juan Pablo Bellolio - Chile
- 4) 027 SOME ASPECTS RESISTANCE'S EFFECT IN THE FLEXIBLE PAVEMENTS RECYCLED WITH CEMENT PORTLAND
João Virgílio Merighi e Rita Moura Fortes - Brasil
- 5) 008 STRUCTURAL ANALYSIS OF A TEST SECTION USING COLD IN PLACE RECYCLING
Carlos Yukio Suzuki; Antonio Carlos Oquendo Pereira; Bruna Suzanne Aiello Tsu; Angela Martins Azevedo; Patricio Hurtado Diaz e Osvaldo Tuchumantel Junior - Brasil
- 6) 043 FOAMED ASPHALT: THE FUTURE OF ROADS REHABILITATION?
Francisco Cisneros - Venezuela
- 7) 026 THE DEVELOPMENT OF A LIFE CYCLE ASSESSMENT MODEL FOR SUSTAINABLE HIGHWAY CONSTRUCTION
Paul Phillips; David Woodward e Alan Woodside - North Ireland
- 8) 021 COLD MIX TECHNOLOGY IN SOUTHERN AFRICA INTO THE 21ST CENTURY
Lucas-Jan Ebels e Kim Jenkins - South Africa
- 9) 003 SUSTAINABLE MAINTENANCE OF ROADS USING COLD RECYCLING TECHNIQUES (SMART PROJECT)
M. Nunn, Ian Carswell e Darren Merrill - United Kingdom
- 10) 040 DESIGN AND CONSTRUCTION OF FOAMED RECYCLED ASPHALT PAVEMENT BASE MATERIALS
Louay N. Mohammad ; Murad Y. Abu-Farsakh; Zhong Wu e Chris Abadie - USA



36ª RAPv - Melhores Trabalhos Curitiba - PR, 24 a 26 de Agosto 2005

Trechos do discurso do Presidente da ABPv, Eng.º Eduardo Alberto Ricci, na Abertura da 36.ª Reunião Anual de Pavimentação, realizada em Curitiba, PR, no Auditório do CIETEP/FIEP, em 24/08/05, são citados.

“Em Julho de 1966 tivemos, na cidade de Curitiba, a 7.ª Reunião Anual de Pavimentação, logo a 13.ª Reunião Anual de Pavimentação em Julho de 1977 e, hoje, a 36.ª Reunião Anual de Pavimentação. Passaram-se praticamente, quarenta anos.

Na primeira reunião, em Curitiba, no ano de 1966, foi solicitada a inclusão de trabalhos de terraplenagem e ressaltou a rigidez das comissões técnicas. Hoje estamos honrando esse desígnio com o comitê científico.”

“A falta de investimento implica na perda da produção, aumento do custo de transporte, acidentes, custos operacionais maiores e em termos da sociedade e progresso do conhecimento, uma perda de valores. Ao longo dos anos a falta de investimentos ocasionou a perda de técnicos, a falta de procura de novas técnicas e a falta do conhecimento de novos produtos e métodos e sua aplicação correta. Só aqueles que conseguiram manter seus patrimônios e fluxo de dinheiro dos poucos contratos progrediram, mas a grande maioria só consegue manter suas atividades, não podendo realizar investimentos em tecnologia.

Hoje, como na 7.ª Reunião Anual de Pavimentação de 1966, a ABPv está muito ciente de seu dever em ser a mola juntamente com a ajuda de todos seus membros, do desenvolvimento técnico e da luta por novos investimentos que é dever do Estado e da sociedade para manter o país na capacidade que ele merece. Hoje estamos trabalhando para poder atingir os objetivos da ABPv que são: a transferência de conhecimento, sua divulgação e o início de uma política de cobrança por investimentos..”

A ABPv fazendo jus aos melhores trabalhos da 36.ª RAPv, os relacionam abaixo e parabeniza seus autores pelo empenho para o aprimoramento e discussão da técnica na reunião. Agradecemos também à Comissão Organizadora, a UFPR, a PUC-PR, o apoio do DER/PR, do DNIT, da PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA, da PETROBRAS e da IEP. Agradecemos ainda aos 590 participantes das atividades, palestrantes e expositores. No site www.rapv.org.br encontram-se disponíveis várias palestras para download em pdf.

<i>Trabalho</i>	<i>Autores</i>	<i>Sessão</i>	<i>Título</i>
32	Adalberto L. Fadna; Glauco Túlio Pessa Fabbri; Manoel H. A. Sória; Leni F. M. Leite; Rosário E. S. Bretas	1	APLICAÇÃO DE REDES NEURAIS PARA A PREVISÃO DO EFEITO DO ENVELHECIMENTO A CURTO PRAZO DE ASFALTOS MODIFICADOS
59	Tatiana Cureau Cevo; José Tadeu Balbo	2	MODELAGEM À FADIGA DE CONCRETO EMPREGADO NO BRASIL VERSUS MODELO ATUALMENTE UTILIZADO NO PAÍS EM PROJETOS
90	Leandro Aguiar Liberatori; Rômulo Santos Constantino; Osvaldo Tuchumante Jr.	3	RECICLAGEM A FRIO IN SITU NA SP-147. UMA EXPERIÊNCIA INÉDITA.
64	Luís Alberto H. do Nascimento; Leni Figueiredo Mathias Leite; Gilberto Fuchs de Jesus	4	PAVIMENTOS SILENCIOSOS
46	Leto Momm	5	MÁQUINA DE ENSAIO DE FADIGA A DEFORMAÇÃO CONTROLADA EM MODO CONTÍNUO
50	Adalberto Jurach; Luís Fernando P. Vanacôr; Luís Eduardo Palma Severo; Paulo Ruwer Paulo; Dagoberto Velasque dos Santos	6	DRENOS SUBSUPERFICIAIS COMO MEDIDA DE MANUTENÇÃO DE PAVIMENTO: IMPLANTAÇÃO E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA



46 ANOS DE TRADIÇÃO NA
PAVIMENTAÇÃO BRASILEIRA



CENTRO UNIVERSITÁRIO
MOURA LACERDA

Há 82 anos, levando seu futuro a sério.

Parceria que já é uma realidade.

Pós-Graduação

Engenharia de Obras Rodoviárias e Sistemas

Viários Urbanos

Lato Sensu - Especialização

- **Objetivo:**

Capacitar profissionais de Engenharia, Arquitetura e ciências afins, na análise de questões relativas a projetos, construção e manutenção de rodovias e sistemas viários urbanos e de transportes, proporcionando fundamentação técnica para melhoria da qualidade do profissional.

- **Módulos:**

Projeto Geométrico e Terraplenagem
Geotecnia e Materiais Convencionais e Alternativos para Pavimentação
Pavimentos Asfálticos: Construção e Controle Executivo
Pavimentos Rígidos: Construção e Controle Executivo
Controle de Qualidade e Manutenção dos Pavimentos
Dimensionamento de Pavimentos
Impactos Ambientais na Implantação de Sistemas Viários
Projeto de Drenagem
Sinalização e Segurança Viária
Sistemas Inteligentes de Transportes
Análise e Avaliação de Sistemas de Transportes
Trabalho de Conclusão de Curso

- **Carga horária:**

360 horas/aula

- **Duração:**

10 meses

- **Horário das aulas:**

Aos sábados, das 07h45 às 12h e das 13h30 às 17h45, e uma vez ao mês, às sextas-feiras, das 18h30 às 22h45.

- **Local:**

Centro Universitário Moura Lacerda - SEDE Ribeirão Preto

- **Início:** FEVEREIRO/2006



Os Caminhos da Integração

O MAIOR EVENTO RODOVIÁRIO DO PAÍS

**DE 8 A 11 DE AGOSTO/2006,
CENTRO DE CONVENÇÕES GOIÂNIA-GO**



Lançamento da 2.ª Edição do livro Mecânica dos Pavimentos - 2005 de autoria de Jacques de Medina e Laura Maria Goretti da Motta.

Este livro possui 570 páginas e os capítulos: *Introdução; O meio físico; Análise de tensões, deformações e deslocamentos; Características de deformabilidade de solos e materiais de pavimentação; Dimensionamento de pavimentos considerando a deformabilidade; Dimensionamento de reforço e A mecânica do pavimento ferroviário.*

A publicação tem como objetivo proporcionar aos estudiosos de pavimentação uma versão moderna dos fundamentos teóricos e experimentais do dimensionamento em que se acentuam as peculiaridades do meio físico tropical brasileiro.

**Contatos para aquisição com:
Laura Motta - 21-2562-7197 - laura@coc.ufrj.br**