

Retrorefletância na Demarcação Viária TEC 778/95

Relatório Técnico Final

março de 1996 à setembro de 1998

**Belo Horizonte
Setembro 1998**

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais

Diretor Geral
Mauro Roberto Soares de Vasconcellos

Vice-Diretor Geral
José Élcio Santos Monteze

Diretor de Construção
Humberto Eustáquio Guimarães

Diretor de Engenharia
Leomar Fagundes de Azevedo

Diretor de Manutenção
Anderson de Souza Lima Novais

Diretor Financeiro-Administrativo
Murilo Eustáquio S. Figueiredo

Diretor de Operação de Via
Sérgio Vieira de Souza

Diretor de Recursos Humanos
José Renato Novaes

Diretor de Transporte Metropolitano
Osias Baptista Neto

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Equipe Técnica

Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais - DER/MG

Maria Selma F. Schwab (Chefe do Serviço de Sinalização - Diretoria de Engenharia)
César Augusto Rodrigues da Silva (Consultor Técnico - Diretoria de Construção)

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC/MG

Robson José de Cássia Franco Afonso (Pesquisador)

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

SUMÁRIO

| | Pág. |
|--|-------------|
| 1. O PROJETO DE PESQUISA PROPOSTO | |
| 1. Introdução | 06 |
| 2. Objetivos | 07 |
| 3. Justificativas | 08 |
| 4. Metodologia | 09 |
| 4.1. Obtenção das amostras | 10 |
| 4.2. Eleição do trecho-teste | 10 |
| 4.2.1. Levantamento das características do trecho teste | 10 |
| 4.2.2. Levantamento das solicitações do trecho teste | 11 |
| 4.3. Caracterização dos materiais em laboratório | 11 |
| 4.3.1. Verificação preliminar e preparação para ensaio | 11 |
| 4.3.2. Ensaio de caracterização de tintas | 11 |
| 4.3.3. Ensaio de caracterização de microesferas | 12 |
| 4.3.4. Ensaio de caracterização de termoplásticos | 13 |
| 4.4. Aplicação dos materiais nos trechos-teste | 14 |
| 4.4.1. Execução de sinalização local e informação à população | 14 |
| 4.4.2. Preparação das superfícies do trecho-teste | 14 |
| 4.4.3. Equipamentos para aplicação dos materiais | 15 |
| 4.4.4. Preparação das amostras para aplicação | 16 |
| 4.4.5. Aplicação das amostras de material de demarcação viária | 16 |
| 4.4.6. Operação e controle da aplicação das amostras | 17 |
| 4.5. Avaliação dos materiais de demarcação aplicados | 17 |
| 4.6. Equipamentos e materiais a serem adquiridos e/ou complementados | 18 |
| 4.7. Análise e apresentação dos resultados | 18 |
| 4.8. Cronograma físico de atividades | 19 |
| II. O PROJETO DE PESQUISA EXECUTADO | |
| 1. Introdução | 21 |
| 2. Cronograma físico das atividades executadas | 21 |
| 3. Objetivos alcançados | 23 |

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| | |
|---|-----------|
| 4. Metodologia | 27 |
| 4.1. Visitas técnicas | 27 |
| 4.2. Consultoria sobre dados biofísicos do olho humano | 27 |
| 4.3. Aquisição de equipamentos e materiais de laboratório | 27 |
| 4.4. Eleição dos trechos-teste | 29 |
| 4.5. Estudo de tráfego nos trechos-teste | 30 |
| 4.6. Contratação de empresa para aquisição e aplicação dos materiais | 32 |
| 4.7. Caracterização dos materiais em laboratório | 33 |
| 4.8. Aplicação dos materiais nos trechos-teste | 34 |
| 4.8.1. Execução de sinalização local e informação à população | 34 |
| 4.8.2. Equipamentos utilizados na aplicação dos materiais | 35 |
| 4.8.3. Calibragem dos equipamentos | 38 |
| 4.8.4. preparação das superfícies | 40 |
| 4.8.5. Controle das condições de aplicação dos materiais | 40 |
| 4.8.6. Dimensões e disposições dos sistemas | 41 |
| 4.8.7. Sistemas aplicados | 41 |
| 4.8.7.1. Inclusão do material elastoplástico | 43 |
| 4.8.7.2. Formulários utilizados na aplicação dos materiais | 43 |
| 4.9. Avaliação periódica dos sistemas aplicados | 53 |
| 4.9.1. Definição das trilhas de roda | 53 |
| 4.9.2. Cronograma das avaliações | 53 |
| 4.9.3. Coleta de dados | 54 |
| 4.9.3.1. Formulários de desgaste | 54 |
| 4.9.3.2. Formulários de retrorrefletância | 54 |
| 4.9.4. Gráficos | 55 |
| 5. Análise dos resultados | 55 |
| 5.1. Quadros resumo | 55 |
| 5.2. Análises comparativas | 61 |
| 6. Conclusões | 67 |
| 7. Referências bibliográficas | 71 |
| 8. Registro fotográfico | 72 |

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

PROJETO: RETRORREFLETÂNCIA NA DEMARCAÇÃO VIÁRIA – TEC 778/95

O PROJETO DE PESQUISA PROPOSTO

1. Introdução

Nas viagens noturnas e sob condições adversas de tempo (chuva e/ou neblina), a segurança das rodovias é aumentada com o uso de minúsculas esferas de vidro, que quando agregadas a materiais de demarcação viária, são capazes de retrorrefletir a luz dos faróis.

As microesferas atuam como uma lente para coletar e concentrar a luz emitida pelos faróis do veículo e devolvê-la aos olhos do motorista. Este processo de retrorrefletância é convencionalmente medido em milicandelas por lux por metro quadrado ($\text{mcd/lux}^{-1}/\text{m}^2$).

Há uma **tendência** no Brasil de se estabelecer um valor mínimo de $150 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^2$ como retrorrefletividade inicial em demarcação viária e $85 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^2$ para o valor final da retrorrefletividade como critério para sua reposição. Entretanto, estes valores são arbitrários e ainda não foram pesquisados para a realidade brasileira.

O DER/MG – Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais e o CETEC – Centro Tecnológico de Minas Gerais, filiados e participantes ativos da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, entendem que tais parâmetros devam ser estabelecidos, após comprovação experimental, de forma a subsidiar a elaboração de normas adequadas à nossa realidade física e econômica.

Dados de pesquisas que relacionam custos e benefícios da sinalização viária constataam que para cada US dólar investido na demarcação viária, há um retorno indireto de US\$60 pela redução dos congestionamentos, atrasos em tempo de viagem e redução do número de acidentes. Esta relação aumenta proporcionalmente com o fluxo de tráfego.

Esta proposta de projeto pretende estabelecer parâmetros de retrorrefletividade inicial e final para demarcação viária, através do estudo em campo de materiais de demarcação retrorrefletivos. Estes estudos levarão em consideração dados biofísicos da capacidade de percepção luminosa do olho humano, economia e qualidade dos materiais aplicados e a relação custo/benefício da retrorrefletividade da demarcação viária.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Além da questão da segurança no tráfego, a importância deste estudo se faz mais relevante nestes tempos de orçamentos escassos no setor público e rodoviário em particular, onde são exigidas soluções econômicas e a otimização dos recursos técnicos disponíveis. Esta pesquisa teria sua aplicação imediata por empresas ligadas ao setor de demarcação viária.

2. Objetivos

O objetivo geral deste projeto é o estabelecimento de valores mínimos de retrorrefletância na demarcação viária, considerando-se o sistema como um todo: a superfície do pavimento, o material de demarcação e as microesferas de vidro que proporcionam a retrorrefletividade.

No curso do projeto serão atingidas ainda as seguintes metas:

- a) Definição de parâmetros de durabilidade, principalmente no aspecto de retrorrefletividade, dos materiais de demarcação viária aplicados em pavimentos nacionais típicos, em condições climáticas e de tráfego prevalentes.
- b) Caracterização dos materiais de demarcação disponíveis, utilizando-se métodos de ensaio convencionalmente empregados e avaliação da qualidade desses materiais face às normas específicas existentes.
- c) Avaliação de desempenho dos vários tipos de microesferas em várias condições de clima e tráfego
- d) Estabelecimento de taxas ideais de aplicação de microesferas de vidro, conforme sua granulometria tendo em vista a relação custo/benefício.
- e) Obtenção de dados experimentais para se estabelecer parâmetros de desempenho e economia dos vários materiais usados na demarcação viária retrorrefletiva
- f) Consolidação e capacitação do CETEC e DER/MG para a execução de ensaios laboratoriais e de campo, de caracterização de materiais de demarcação viária.
- g) Confeção de placas padrão para calibração de aparelhos para medida de retrorrefletância.
- h) Proposição de normas para retrorrefletividade de demarcações viárias

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

3. Justificativas

À qualidade da implantação e manutenção de um sistema viário correspondem os seus níveis de segurança de tráfego. Os materiais utilizados na demarcação viária retrorrefletiva não possuem parâmetros normalizados que permitam a implantação de métodos de planejamento para manutenção e aplicação diferenciada de vários tipos de materiais sob várias condições de tráfego. O aumento da precisão das relações de comportamento destes materiais de demarcação disponíveis aos órgãos executores e fiscalizadores implicará na redução significativa dos custos de manutenção das rodovias.

Estes aspectos tornam-se cada vez mais importantes ao se verificar que:

- Os materiais em foco vêm sendo adquiridos a taxas crescentes e significativas, para emprego em obras de implantação e manutenção de sinalização horizontal. Seus custos representam parcela significativa nos orçamentos das empresas afins.
- O crescimento do mercado vem sendo acompanhado pela redução dos níveis de qualidade dos serviços ofertados, apontando a necessidade de se estabelecer sistemas de controle e recebimento respaldados em procedimentos adequados à realidade da geração de subsídios para o estabelecimento de normas. O trabalho tem caráter **inédito** no País, e em suma, virá proporcionar a acumulação de uma massa de dados que servirá como subsídio para a elaboração de normas específicas.
- A prática da especificação dos valores mínimos de retrorrefletância na demarcação viária, confirma que não existe verificação experimental disponível dos parâmetros fixados pelas especificações correntemente aceitas no Brasil, o que pode estar conduzindo ao dimensionamento inadequado dos níveis e parâmetros de qualidade.

Considera-se que com a realização da pesquisa proposta obter-se-ão dados consistentes que permitirão a elaboração de normas adequadas para os materiais estudados.

A integração entre o DER/MG, CETEC e empresas fornecedoras e aplicadoras de materiais de demarcação viária, evidencia o esforço comum no sentido de se estabelecer condições que garantam a segurança, a qualidade e a redução dos custos de sistemas de demarcação viária. A obtenção de dados reais e repasse imediato de informações terá efeito multiplicador a instituições de pesquisa, órgãos gerenciadores de tráfego municipais, estaduais e federais, fabricantes, empreiteiros e órgãos normalizadores.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

4. Metodologia

Ao início do projeto prevê-se a realização de visitas técnicas à laboratórios de pesquisa e fabricantes de materiais de demarcação viária nos Estados Unidos. Estas visitas técnicas tem como objetivo conhecer o estado da arte dos materiais de demarcação viária retrorrefletivos e avaliar diferentes tipos de equipamentos para as medidas de retrorrefletância. Além, disto estas visitas visam o estabelecimento de maiores relações entre DER/CETEC e as instituições a serem visitadas. Serão visitados a “American Traffic Safety Association” (ATSSA), a “Federal Highway Administration” (FHWA), do “US Department of Transport”, fabricantes de materiais de demarcação viária retrorrefletivos “3M Company” e “Potters Industries”. Participarão destas visitas um pesquisador do DER/MG e outro do CETEC, membros da equipe do projeto.

O projeto prevê ainda a participação de um consultor, médico oftalmologista, com a finalidade de estabelecer os dados biofísicos da capacidade de percepção do olho humano, englobando as diversas idades cronológicas do indivíduo. Estes dados constituirão importantes subsídios pelos quais serão balizados os parâmetros da pesquisa.

A metodologia a ser seguida para a consecução dos objetivos da pesquisa prevê os seguintes passos:

a) Obtenção de amostras relativas aos materiais de demarcação:

Tinta resina acrílica à base de solvente, nas cores branco e amarelo;

Tinta resina acrílica a base de água, nas cores branco e amarelo;

Termoplástico aspergido, nas cores branco e amarelo;

Termoplástico extrudado, nas cores branco e amarelo;

Microesferas tipo I-B, II-A e esferas de vidro tipo III-A, III-B e III-C.

b) Eleição do trecho-teste

c) Caracterização dos vários materiais em laboratório

d) Aplicação dos materiais no campo

e) Confecção de placas padrão para aferição de aparelho para medida de retrorrefletância

f) Avaliação periódica do comportamento dos materiais aplicados

g) Análise e apresentação dos resultados e conclusões

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

4.1. Obtenção das amostras

Para fins da presente pesquisa as amostras serão obtidas das empresas colaboradoras, de reconhecida idoneidade. As amostras serão de fabricação recente, nas cores branco e amarelo, com e sem microesferas adicionadas e deverão ser identificadas por, no mínimo:

- (i) nome do fabricante
- (ii) número do lote de fabricação
- (iii) data de fabricação.

Os materiais deverão estar em conformidade com as especificações das normas da ABNT.

4.2. Eleição dos trechos-teste

Numa primeira etapa serão definidas rodovias que apresentem constantes as seguintes características gerais:

- (i) qualidade do pavimento
- (ii) velocidade diretriz
- (iii) geometria da via
- (iv) número e largura das faixas de tráfego

Vias com essas características serão classificadas conforme o volume médio diário de tráfego que as solicite.

4.2.1. Levantamento das características gerais dos trechos-teste

Os trechos-teste situar-se-ão em pavimentos cujos revestimentos deverão ser classificados como “BOM”, estarem isento de trincas ou reparos de qualquer ordem e serem do tipo Concreto de Cimento Portland e Concreto Betuminoso. Os pavimentos dos trechos-teste deverão se conformar com os requisitos da norma ASTM D713-69 "Conducting Road Service Test on Traffic Paint".

A velocidade diretriz dos trechos-teste deverá se situar entre 40 e 80 km/h. Os trechos-teste serão de um só sentido de tráfego, sem interseções, com 2 ou 3 faixas de no mínimo 3,00 m de largura.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

4.2.2. Levantamento das solicitações dos trechos-teste

Os trechos-teste serão estabelecidos em vias que apresentem Volume Médio Diário de Tráfego (VMD), segundo limites designados como leve, médio ou pesado, de acordo com pesquisa de "Contagem Classificada de Veículos" a ser realizada pelo DER/MG, e demais critérios a serem estabelecidos no decorrer deste trabalho.

4.3. Caracterização dos materiais em laboratório

As tintas, termoplásticos e microesferas serão caracterizadas em laboratório, de acordo com as seguintes aspectos gerais:

- (i) verificação preliminar e preparação para ensaio
- (ii) ensaios de caracterização dos materiais antes da aplicação
- (iii) ensaios de caracterização dos materiais após aplicação

Para a execução dessa caracterização, os equipamentos disponíveis nos laboratórios do CETEC e DER/MG deverão ser complementados.

4.3.1. Verificação preliminar e preparação para ensaio

Para cada amostra recebida em laboratório, será realizada uma verificação preliminar, segundo os procedimentos estabelecidos pelas normas ABNT afins. Serão recusadas para a continuação dos testes e substituídas, as amostras cujas características não atendam ao item 4.1. A seguir, as amostras aceitas na Verificação Preliminar, serão preparadas para outros ensaios, segundo procedimentos descritos nas normas ABNT e instruções fornecidas pelos fabricantes para fins de uso.

4.3.2. Ensaios de caracterização de tintas

Cada amostra será submetida, pelo menos, aos seguintes ensaios:

Ensaios Quantitativos:

- ◆ Estabilidade alteração da viscosidade

ABNT NBR 12027

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

- ◆ Teor de matéria não volátil em massa ABNT NBR 12028
- ◆ Teor de pigmento em massa ABNT NBR 12029
- ◆ Teor do veículo não volátil, em massa no veículo ABNT NBR 12032
- ◆ Para tinta branca: Teor de TiO_2 no pigmento ABNT NBR 12030
- ◆ Para tinta amarela: Teor de $PbCrO_4$ no pigmento ABNT NBR 12031
- ◆ Tempo de secagem espessura úmida 0,6mm ABNT NBR 12033
- ◆ Ensaio de abrasão, Al_2O_3 película seca ABNT NBR 12034
- ◆ Massa específica, kg/l ABNT NBR 5829

Ensaio Qualitativos:

- ◆ Cor Munsell ABNT NBR 12034
- ◆ Brilho ABNT NBR 12035
- ◆ Flexibilidade ABNT NBR 12036
- ◆ Sangramento ABNT NBR 12037
- ◆ Resistência à água ABNT NBR 12038
- ◆ Resistência ao calor ABNT NBR 12039
- ◆ Identificação do veículo não-volátil por espectrofotometria de infra-vermelho.

4.3.3. Ensaio de caracterização de microesferas

Cada amostra será submetida, pelo menos, aos seguintes ensaios:

- ◆ Resistência à solução de cloreto de cálcio ABNT NBR 6823
- ◆ Resistência ao ácido clorídrico ABNT NBR 6824
- ◆ Resistência à água ABNT NBR 6825
- ◆ Resistência à solução de sulfeto de sódio ABNT NBR 6826

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| | |
|-------------------------------------|---------------|
| ◆ Análise granulométrica | ABNT NBR 6827 |
| ◆ Determinação do teor de sílica | ABNT NBR 6828 |
| ◆ Determinação de defeitos | ABNT NBR 6829 |
| ◆ Amostragem de microesferas | ABNT NBR 6830 |
| ◆ Verificação do índice de refração | ABNT NBR 6832 |
| ◆ Determinação da massa específica | ABNT NBR 6833 |

Além dos itens acima serão realizados ensaios por microscopia das esferas.

4.3.4. Ensaios de caracterização de termoplásticos

Cada amostra será submetida a pelo menos os seguintes ensaios antes e depois da aplicação.

Ensaios Quantitativos:

| | |
|--|------------------|
| ◆ Teor de ligante em massa na mistura | ABNT NBR 13076 |
| ◆ Teor de TiO ₂ em massa | ABNT NBR 13090 |
| ◆ Teor de PbCrO ₄ ou CdS em massa | ABNT NBR 1307778 |
| ◆ Teor de microesferas em massa | ABNT NBR 13091 |
| ◆ Massa específica | ABNT NBR 13079 |
| ◆ Ponto de amolecimento | ABNT NBR 13092 |
| ◆ Deslizamento | ABNT NBR 13080 |
| ◆ Resistência a abrasão | ABNT NBR 13081 |

Ensaios Qualitativos:

| | |
|-------------------------|----------------|
| ◆ Cor Munsell | ABNT NBR 13094 |
| ◆ Estabilidade ao calor | ABNT NBR 13093 |
| ◆ Resistência à luz | ABNT NBR 13082 |

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

- ◆ Análise microscópica do material aplicado

4.4. Aplicação dos materiais nos trechos-teste

O conjunto de condições de aplicação dos materiais usados na demarcação viária retrorrefletiva, foi estabelecido com base na norma ASTM D713-69, e contemplam:

- a) a sinalização local;
- b) o preparo da superfície dos trechos teste;
- c) o equipamento para a aplicação das amostras;
- d) o preparo da amostra para aplicação;
- e) a aplicação propriamente dita das amostras;
- f) a operação e controle de aplicação das amostras

4.4.1. Execução de sinalização local e informação à população

O local relativo ao trecho teste será devidamente sinalizado e o tráfego desviado durante a aplicação do material de demarcação viária.

A função de sinalização local e desvio do tráfego será confiada ao DER/MG.

A população será informada dos trechos testes através de faixas e placas confeccionadas e implantadas pelo DER/MG e quando possível pela divulgação através da imprensa. As faixas e placas conterão informações sobre o projeto de pesquisa, órgãos executores e financiador.

4.4.2. Preparação das superfícies dos trechos-teste

As superfícies a serem pintadas serão convenientemente varridas e jateadas com ar comprimido, de modo a apresentarem-se secas e isentas de impurezas que possam prejudicar a aderência dos materiais de demarcação viária. Caso se evidencie a presença de óleo ou graxa sobre a superfície a ser demarcada, esta deverá ser lavada com uma solução desengraxante.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

4.4.3. Equipamentos para aplicação dos materiais

Os equipamentos para a aplicação dos materiais de demarcação viária serão alugados de empresas idôneas, e deverão atender aos seguintes requisitos:

Para aplicação das tintas, deverá ser utilizada máquina autopropelida para demarcação de pavimentos, que aplique tinta por aspersão, com controle previsto de largura de faixa e taxa de aplicação, e com reservatório de tinta de capacidade entre 20 e 40 litros e medidor de tinta aplicada.

O equipamento deverá apresentar fácil maneabilidade e contar com dispositivos que permitam a homogeneização da tinta no interior do reservatório. O equipamento deverá, ainda, ser provido de um sistema de guia indicador de posição, regulável, e controle de velocidade de translação.

Para a aplicação de material termoplástico, os equipamentos mínimos para aplicação do material pelo processo de extrusão são:

- a) usina móvel constituída de recipiente para fusão do material, provida de aquecedores e agitadores com regulagem automática de temperatura.
- b) veículo autopropulsor contendo conjunto para aplicação de massas termoplásticas.
- c) termômetros em perfeito estado de funcionamento para controle de temperatura das caldeiras de fusão e do material
- d) dispositivos balizadores e miras óticas par direcionamento da unidade aplicadora durante a execução da demarcação.
- e) conjunto para aplicação de termoplásticos
- f) conjunto de aplicação e distribuição de microesferas
- g) sapatas para aplicação manual de termoplásticos por extrusão.

Para a aplicação de material termoplástico aspergido, os equipamentos mínimos necessários são:

- a) usina móvel constituída de recipiente para fusão do material, provida de aquecedores e agitadores com regulagem automática de temperatura.
- b) veículo autopropulsor contendo conjunto para aplicação contendo recipiente pressurizado para material termoplástico fundido, dispendo de instalação de aquecimento indireto, com dispositivo de controle e regulagem.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

- c) compressor com tanque pulmão de ar destinado à pressurização do auto-clave, tanque de microesferas e tanque de imprimação e acionamento pneumático de pistolas de aplicação
- d) gerador de força para alimentação dos dispositivos de segurança e controle
- e) dispositivos de aplicação contínua para execução das linhas simples
- f) dispositivos, acessórios de controle e segurança centralizados em painéis na cabine do veículo e na plataforma de comando do conjunto de aplicação
- e) termômetros em perfeito estado de funcionamento nas caldeiras de fusão e de aplicação.

4.4.4. Preparação das amostras para aplicação

As amostras serão devidamente preparadas de acordo com recomendações dos fabricantes. Quando necessário diluições, elas serão realizadas imediatamente anterior à aplicação, utilizando-se equipamento mecânico e observando-se cuidados necessários para evitar-se excessiva incorporação de ar à tinta diluída.

4.4.5. Aplicação das amostras de material de demarcação viária

As amostras serão aplicadas em condições atmosféricas tais que a temperatura do ar se situe entre 15 °C e 35 °C, a umidade relativa seja inferior a 80% e a temperatura do pavimento não exceda a 40°C. A aplicação deverá ser realizada com clima seco.

As faixas de testes terão a largura de 100 mm e espessura de camada seca de $0,6 \pm 0,06$ mm para tinta solvente acrílica e a base de água; $1,5 \pm 0,15$ mm para termoplástico aspergido e $3,0 \pm 0,3$ mm para termoplástico extrudado

Diferentes amostras serão aplicadas perpendicularmente ao sentido do fluxo de tráfego, com espaçamento entre as faixas de 0,30 m, devendo ser aplicadas 3 (três) faixas de teste por material de demarcação. Em cada faixa será aplicado um sistema diferente de retro-refletorização da seguinte maneira: com tinta acrílica à base de solvente na cor branca, serão aplicados no pavimento de concreto de cimento Portland, três faixas de 0,10 m de largura, espaçadas 0,30 m entre si, sendo aplicado na

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

primeira, microesferas do tipo II-A; na segunda microesferas do tipo I-B e II-A, na terceira microesferas do tipo I-B, II-A e III-A e assim sucessivamente para cada tipo de material e cor. O mesmo processo será repetido no pavimento de concreto betuminoso usinado à quente.

4.4.6. Operação e controle da aplicação das amostras

Em seguida ao preparo dos trechos teste, conforme descrito no item 4.4., preceder-se-á à premarcação das faixas, ao ajuste do equipamento e a aplicação propriamente dita, conforme procedimentos normalmente utilizados pelo DER/MG.

Será efetuado estrito controle da aplicação dos materiais, nos seguintes aspectos: data e hora de aplicação; temperatura ambiente; umidade relativa do ar; pressão de aplicação, largura e espessura de faixa; cor; tempo de secagem ao toque e ao tráfego; quantidade de material aplicado; retrorrefletância; ancoragem e distribuição de microesferas.

4.5. Avaliação dos materiais de demarcação aplicados

Serão realizadas inspeções periódicas dos materiais aplicados em teste, observando-se os seguintes aspectos: aparência; grau de abrasão e/ou erosão; grau de sangramento; grau de escamação; índice de retrorrefletividade e análise por microscopia do material.

Para cada amostra aplicada será calculado um índice de estado de amostra avaliada, segundo os critérios estabelecidos pelo método ASTM D2205-70.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

As avaliações de comportamento das amostras de material de demarcação viária serão realizadas com a seguinte periodicidade:

| Inspeção (nº) | Periodicidade da Inspeção |
|----------------------|----------------------------------|
| 1 | Imediatamente após aplicação |
| 2 | 24 horas após a aplicação |
| 3 | 2 semanas após a aplicação |
| 4 | 4 semanas após a aplicação |
| 5 | 8 semanas após a aplicação |
| 6 em diante | A cada 4 semanas subsequentes |

A cada avaliação será realizado um registro fotográfico das observações.

As avaliações serão levadas a efeito até que o índice de estado das amostras do material de demarcação viária aplicados aponte um decréscimo de 60% do seu valor inicial, ou até um período máximo de dois anos, a contar da data de aplicação.

4.6. Equipamentos e materiais a serem adquiridos e/ou complementados

A seguinte lista de equipamentos e materiais deverão ser adquiridos para a execução dos ensaios e/ou análise proposta no projeto:

- ◆ Escala de cor Munsell nas cores branca e amarela
- ◆ Equipamento para medida de retrorrefletância em demarcação viárias
- ◆ Máquina fotográfica e material fotográfico
- ◆ Materiais e reagentes de laboratório

4.7. Análise e Apresentação dos resultados

A análise de resultados da pesquisa será realizada visando-se principalmente, aos objetivos descritos no item 2. Os resultados da pesquisa serão apresentados em forma de relatórios parciais, a serem

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

produzidos ao cabo do primeiro ano e ao término dos trabalhos. Os dados obtidos serão utilizados como subsídio para os órgãos de normalização para o estabelecimento de parâmetros de retrorrefletância de materiais de demarcação viária.

4.8. Cronograma físico de atividades

As atividades a serem desenvolvidas são resumidas no quadro a seguir:

| Código | Atividade |
|---------------|---|
| A1 | Visita técnica à laboratórios e empresas nos EUA |
| A2 | Consultoria sobre dados biofísicos do olho humano |
| A3 | Obtenção dos materiais de demarcação retrorrefletivos |
| A4 | Eleição do trecho-teste |
| A5 | Caracterização dos materiais em laboratório |
| A6 | Aplicação dos materiais em campo |
| A7 | Confecção de placas de Identificação da Pesquisa |
| A8 | Avaliação periódica dos materiais aplicados |
| A9 | Análise e apresentação dos resultados / Redação de relatórios |

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

As atividades a serem desenvolvidas pelo pessoal envolvido no projeto estão descritas de forma matricial na tabela a seguir. Os códigos das atividades correspondem ao quadro anterior.

| Pessoal / Atividade | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 |
|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Maria Selma Schwab | X | | X | X | X | X | X | X | X |
| Luciano E. Cabral | | | | | | X | | X | |
| Ricardo Wagner Ribeiro | | | | | | X | | X | |
| Robson J.C.F. Afonso | X | | X | | X | X | | X | X |
| Carlos Antônio Lima | | | | | X | | | | |
| Sérgio Nivaldo Rivas | | | | | X | | | X | |
| Eduardo César Dias | | | | | X | | | | |
| André Mendonça (Cons.) | | X | | | | | | | |

A tabela a seguir descreve de maneira resumida o cronograma físico para a execução do projeto:

| Atividade | 1° | 2° | 3° | 4° | 5° | 6° | 7° | 8° | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Trim | Trim | Trim | Trim | Trim | Trim | Trim | Trim | | | | | | | | | | | |
| A1 – Visita Técnica | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A2 – Consultor | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A3 – Aquisição Materiais | x | x | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A4 – Eleição dos Trecho-Teste | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A5 – Caracterização dos Materiais | | x | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A6 – Aplicação nos Trechos-teste | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A7 – Placas de Identificação | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A8 – Avaliação Periódica | | | X | x | x | X | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| A9 – Relatórios e Conclusões | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x |

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

PROJETO DE PESQUISA EXECUTADO

1. Introdução

São descritas a seguir as atividades desenvolvidas no projeto “**Retrorefletância na Demarcação Viária**” - **TEC 778/95**, contratado pela FAPEMIG e realizado em conjunto pelo DER/MG e CETEC.

Algumas modificações foram inseridas a partir da proposta inicial, na tentativa de se ajustar as atividades do projeto à agilidade e praticidade necessárias à sua execução, o que será detalhado a seguir.

O Termo de Outorga do Projeto fixa a data de início em 01 de Março de 1996. No entanto, devido a problemas administrativos, o Projeto só se efetivou a partir de Maio/96, quando foram alocados e transferidos para o CETEC os recursos necessários ao seu desenvolvimento, que a partir daí passou a ser o gestor do projeto.

Outro atraso referente ao andamento dos trabalhos deveu-se, principalmente, a dois fatos:

- Viagem da coordenadora do projeto à Suécia, no período de 19/08/96 a 19/09/96, como representante do Brasil, em curso promovido pelo Swedish National Road and Transport Research Institute.
- Incomum período de chuvas que ocorreu entre os meses de Outubro/96 a Janeiro/97.

Este período de chuvas pode ser considerado incomum, devido não só aos índices pluviométricos registrados, mas também à extensão do período chuvoso, o que impossibilitou a aplicação dos materiais de demarcação na pista, pois a exigência de um clima seco e estável, era de fundamental importância para a correta execução dos serviços.

Finalmente em 14 de Abril de 1998, entrou em vigor o Termo Aditivo 002/98, prorrogando o prazo do projeto por mais sete meses, a contar de 01 de março de 1998, com encerramento previsto para 30 de setembro de 1998. Tal prorrogação foi motivada pela não ocorrência do desgaste esperado nos materiais aplicados no campo, até aquela data.

2. Cronograma físicos das atividades executadas

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Para a consecução dos objetivos da pesquisa, foram seguidos os passos:

QUADRO I - Atividades do Projeto

| Código | Atividade |
|---------------|--|
| A1 | Visita técnica à laboratórios e empresas nos E.U.A. |
| A2 | Consultoria sobre dados biofísicos do olho humano |
| A3 | Aquisição de equipamentos e reagentes de laboratório |
| A4 | Eleição dos trechos-teste |
| A5 | Estudo de tráfego nos trechos-teste |
| A6 | Contratação de empresa para aquisição e aplicação dos materiais |
| A7 | Caracterização dos materiais em laboratório |
| A8 | Aplicação dos materiais nos trechos-teste |
| A9 | Avaliação periódica dos sistemas aplicados, com registro fotográfico |
| A10 | Análise dos resultados / Conclusões- Relatórios |

QUADRO II - Pessoal x Atividade

As atividades executadas pelo pessoal envolvido no projeto estão descritas de forma matricial na tabela a seguir. Os códigos das atividades correspondem ao quadro anterior.

| Pessoal / Atividade | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Maria Selma Schwab | X | | X | X | X | X | X | X | X | X |
| César A. Rodrigues | | | | | | | | X | X | X |
| José E. Ferreira Caldas | | | | X | | | | | | |
| Getúlio Carlos de Salles | | | | | X | | | | | |
| José Maria dos Santos | | | | | X | | | | | |
| Luiz Alberto Dias Mendes | | | | | | | | X | X | |
| Robson J.C.F. Afonso | X | | X | | | X | X | X | X | X |
| José Roberto | | | | | | | X | | | |
| Sebastião Cronemberger (Consultor) | | X | | | | | | | | |

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

QUADRO III - Cronograma de execução do projeto

Descreve-se a seguir, o cronograma físico relativo à execução do projeto, considerando o período de Maio/96 a Setembro/98:

| Atividade | 1° Trimestre | | | 2° Trimestre | | | 3° Trimestre | | | 4° Trimestre | | | 5° Trimestre | | | 6° Trimestre | | | 7° Trimestre | | | 8° Trimestre | | | 9° Trimestre | | | 10° Trimestre | | |
|-----------|--------------|--|---|--------------|---|--|--------------|---|--|--------------|---|--|--------------|---|--|--------------|---|---|--------------|---|---|--------------|---|---|--------------|---|---|---------------|--|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A1 – | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A2 – | | | x | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A3 – | | | | | | | | x | | | | | | X | | x | x | x | | | x | | x | | | x | x | x | | |
| A4 – | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A5 – | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A6 – | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | |
| A7 – | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | |
| A8 – | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | | | | | | | | | | | |
| A9 – | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | X | | x | | | |
| A10 – | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x |

3. Objetivos alcançados

O **objetivo principal** deste projeto foi o *estabelecimento dos valores mínimos de retrorrefletância inicial*, a partir dos quais serão aceitos os serviços de demarcação viária e *dos valores mínimos de retrorrefletância residual*, abaixo dos quais deverá ser realizada a manutenção na sinalização horizontal.

Não só foram estabelecidos estes parâmetros, mas também foram elaborados os processos de avaliação de “retrorrefletância” e de “desgaste”, sugerindo ainda os tipos de instrumentos de medição e a forma como devem ser utilizados, para que se possa conseguir resultados confiáveis e representativos.

Os métodos constantes do Anexo I e os parâmetros no item 6, já estão sendo adotados no DER/MG e foram encaminhados à Associação Brasileira de Normas Técnicas - Comitê Brasileiro de Transportes e Tráfego (CB-16), como sugestão para inclusão no Plano de Normalização Setorial da Comissão de Estudos de Marcas Viárias do próximo ano.

Previam-se que no curso do projeto fossem atingidos ainda, os seguintes **objetivos secundários**:

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

a) *Definição de parâmetros de durabilidade, principalmente no aspecto de retrorrefletividade dos materiais de demarcação viária, aplicados em pavimentos nacionais típicos, em condições climáticas e de tráfego prevalentes.*

Através das avaliações periódicas, coletou-se os dados sobre os valores de retrorrefletância e de desgaste, com relação ao tempo de observação, estabelecendo-se as curvas características de cada material. O estudo do comportamento dos materiais através dessa massa de dados, irá auxiliar o engenheiro na tarefa de especificar o material mais adequado à cada circunstância.

b) *Caracterização dos materiais de demarcação disponíveis, utilizando-se métodos de ensaio convencionalmente empregados e avaliação da qualidade desses materiais face às normas específicas existentes.*

Foram realizados todos os ensaios preconizados pela ABNT nos materiais a serem utilizados na pesquisa. Os materiais rejeitados foram devolvidos ao fabricante, substituídos e novamente ensaiados, até sua aprovação final. Verificou-se que o mercado nacional tem condições de atender as exigências previstas nas normas, desde que sejam realizados os ensaios de recebimento.

À medida que foram executados os ensaios para controle de qualidade dos materiais, reavaliou-se os próprios métodos de ensaios. Face à esta reavaliação estão sendo propostas à ABNT, alteração em quatro (04) normas, a saber:

- ◆ NBR 12037 - Determinação do Sangramento em Tintas de Demarcação Viária, especificando a granulometria do filler e alterando o valor da temperatura da mistura do cimento asfáltico e filler, de forma a se obter resultados mais homogêneos.
- ◆ NBR 6832 – Verificação do Índice de Refração em Microesferas de Vidro, propondo uma bateria de líquidos com índices de refração entre 1,50 e 1,55, constituída pela mistura de aldeído cinâmico e trietanolamina, em proporções definidas, de maneira a facilitar a execução do ensaio e evitar a dispersão dos resultados.
- ◆ NBR 12029 - Determinação do Dióxido de Titânio em Tintas de Sinalização Horizontal, propondo a substituição do redutor de Jones (onde se utiliza mercúrio – substância poluente), pelo método de determinação que utiliza um padrão P.A., devido à rapidez, facilidade de execução e não agressão ao meio-ambiente.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

- ◆ NBR 12031 - Determinação do Cromato de Chumbo, onde se propôs alterações quanto à nomeação das soluções, melhorando a compreensão quanto à execução do ensaio.

A cópia de cada uma destas normas com as correções sugeridas, figuram no Anexo II. Estas normas já estão sendo adotadas no DER-MG e foram devidamente encaminhadas à ABNT.

c) Avaliação de desempenho dos vários tipos de microesferas em várias condições de clima e tráfego

Os vários tipos de microesferas de vidro, que são classificados segundo sua faixa granulométrica, foram utilizados em diversos materiais de demarcação, porém aplicados em pavimentos nacionais típicos, com tráfego conhecido e em clima seco, por serem estas as situações mais representativas de nossa realidade e assim avaliados quanto ao desempenho.

d) Estabelecimento de taxas ideais de aplicação de microesferas de vidro, conforme sua granulometria tendo em vista a relação custo/benefício.

À medida que estudos no assunto foram sendo aprofundados, observou-se que o estabelecimento das taxas ideais de microesferas de vidro em relação à obtenção de valores ótimos de retrorrefletância, só poderiam ser realizados em laboratório, com equipamentos especialmente projetados para este fim e com tempo maior do que o determinado nesta pesquisa..

Para obter resposta a esta questão, a coordenadora iniciou seu mestrado em Engenharia de Materiais. Este curso é promovido pela REDEMAT – Rede Temática em Materiais, onde estão associadas as Universidades UFOP (Universidade Federal de Ouro preto), UEMG (Universidade do Estado de Minas Gerais) e CETEC (Centro Tecnológico de Minas Gerais).

O título da Dissertação é “Estudo do Desempenho de Materiais de Demarcação Viária Retrorrefletivos”, cujo objetivo é exatamente estabelecer as taxas ideais de aplicação de microesferas de vidro em tintas de demarcação viária, conforme sua faixa granulométrica e ancoragem.

A este respeito foi encaminhado para publicação em revistas técnicas, o “paper” intitulado “Taxa de aplicação de microesferas de vidro em tintas de demarcação viária x Retrorrefletância inicial obtida”, conforme consta em Anexo III.

e) Obtenção de dados experimentais para se estabelecer parâmetros de desempenho e economia dos vários materiais usados na demarcação viária retrorrefletiva

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Através dos dados coletados durante a pesquisa, pode-se descartar alguns sistemas de demarcação, tanto quanto pode-se indicar outros, quando se compara os valores de retrorrefletância obtidos. Este objetivo foi atingido com a execução da pesquisa em si.

f) Consolidação e capacitação do CETEC e DER/MG para a execução de ensaios laboratoriais e de campo, de caracterização de materiais de demarcação viária.

Estes ensaios que eram anteriormente executados apenas em outros estados, podem agora ser realizados em Minas Gerais.

Foram adquiridos equipamentos e reagentes de laboratório, o retrorrefletômetro MIROLUX 12 e um equipamento fotográfico completo, que permite o registro do comportamento do material em escala microscópica; e mais importante, foi adquirido o conhecimento necessário que confere segurança e domínio ao pesquisador em relação ao objeto de estudo .

Pode-se citar como exemplo, uma avaliação técnica realizada em Agosto/98, a pedido da Diretoria do DER/MG, em toda a sinalização implantada na 1ª etapa de obras da rodovia Fernão Dias – BR-381, onde se utilizou os equipamentos e conhecimentos adquiridos no desenvolvimento da pesquisa. Este trabalho, estimado em R\$30.000,00, foi realizado pelo DER/MG.

O próprio CETEC realiza hoje ensaios de recebimento em materiais e serviços para diversas empresas públicas e privadas. Enfim, o projeto propiciou a integração efetiva entre o CETEC e DER/MG, bem como capacitou estes órgãos a uma melhor atuação nas discussões nacionais e internacionais.

g) Confecção de placas padrão para calibração de aparelhos para medida de retrorrefletância.

O equipamento escolhido para adoção e aquisição na pesquisa, foi fornecido junto com a placa padrão necessária à sua calibração.

Este equipamento que à época da pesquisa era pouco utilizado é hoje bastante difundido, tendo sido adquirido por diversas Empresas de Sinalização e Órgãos públicos.

Sua utilização durante a execução dos serviços de demarcação viária tem sido uma constante.

h) Proposição de normas para retrorrefletividade de demarcações viárias

As normas constantes nos Anexos I e II, demonstram que este objetivo foi plenamente atingido.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

4. Metodologia

4.1. Visitas técnicas

Quando de sua concepção, o projeto previa a realização de visitas técnicas à laboratórios de pesquisa e fabricantes de materiais de demarcação viária nos Estados Unidos.

Tal medida se mostrou acertada, pois através dos contatos estabelecidos pode-se conhecer o estado da arte das pesquisas sobre os materiais em questão e avaliar os diferentes tipos de equipamentos para medida da retrorefletância.

Ressalta-se que o objeto da pesquisa também é de interesse das instituições americanas visitadas.

Através dos contatos realizados, tornou-se possível especificar com segurança quais os materiais e equipamentos a serem adquiridos para a realização da pesquisa.

Durante as visitas conseguiu-se ainda obter gratuitamente, todo o material necessário à revisão bibliográfica. O relatório completo das atividades realizadas nesta oportunidade, encontra-se descrito no Anexo IV.

4.2. Consultoria sobre dados biofísicos do olho humano

Lembrando que o consultor inicialmente proposto para realização deste trabalho, Dr. André Mendonça, foi substituído pelo Dr. Sebastião Cronemberger, conforme recomendado pela FAPEMIG, apresenta-se a seguir algumas considerações sobre o assunto, salientando que trabalho na íntegra é apresentado no Anexo V.

É importante enfatizar, que neste trabalho o consultor afirma:

- ◆ A sensibilidade retiniana decresce com o aumento da idade.
- ◆ O limiar de sensibilidade retiniana de uma pessoa de 65 anos é de aproximadamente o dobro do valor daquele de um indivíduo de 23 anos.
- ◆ Há indivíduos, cuja sensibilidade retiniana encontra-se reduzida por doenças oculares (glaucoma), patologias maculares, anomalia da visão de cores ou influência de intoxicantes.

E mais, pesquisas ainda mostram que:

- ◆ O campo de visão, em geral apresenta uma redução após os 30 anos
- ◆ Com a idade, a iluminação precisa ser aumentada para manter o nível da acuidade visual

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

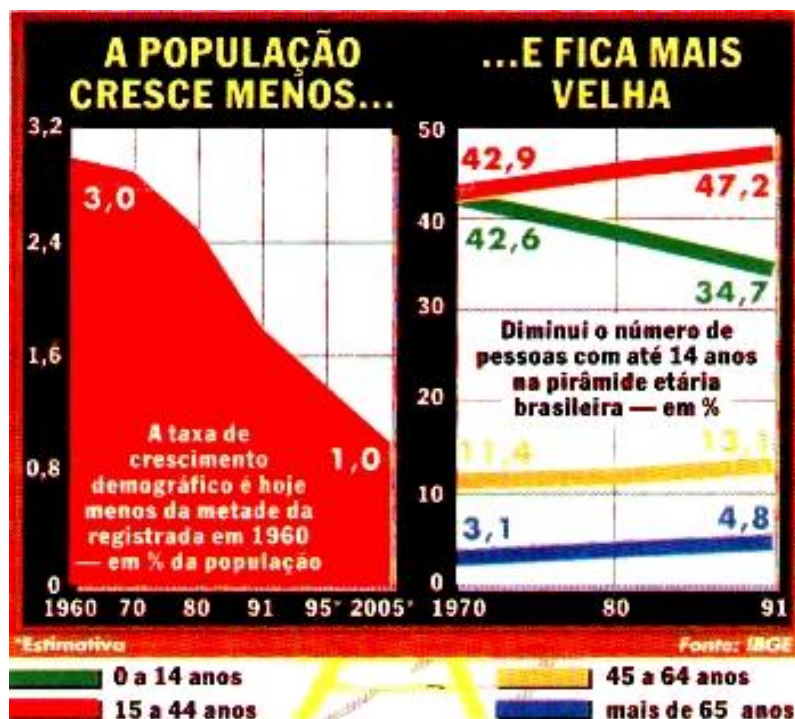
- ◆ Após os 40 anos a visão é mais sensível ao brilho
- ◆ A taxa de adaptação à escuridão se reduz com a idade
- ◆ A percepção de profundidade decresce com a idade

A perda da função visual devido ao envelhecimento em geral, afeta três categorias de percepção:

- ◆ Perda do poder acomodativo (redução da habilidade de focar a distâncias variadas)
- ◆ Perda da receptividade ao nível retiniano (redução do campo da visão)
- ◆ Perda da transmissividade da luz através dos olhos (redução na percepção da iluminação)

Em uma reportagem da revista EXAME de 27/09/95, é dito que “O Brasil está envelhecendo”.

A vertiginosa redução da taxa de crescimento demográfico do país nas última duas décadas, aliada à diminuição da taxa de mortalidade e ao aumento da expectativa de vida do brasileiro, são responsáveis pelo estreitamento da pirâmide etária no país.



“O novo perfil demográfico do brasileiro suscita necessidades por bens e serviços e novas demandas a serem atendidas no setor público.”

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Acrescente-se a isto, o fato de que o limite de velocidade aumentou de 80 para 110 Km/h, conforme o Código Brasileiro de Trânsito, instituído pela lei nº 9.503 de 23/09/97 e, que a indústria automobilística implementa melhorias tecnológicas em seus produtos, que redundam quase na maioria das vezes em aumento da potência dos motores.

Tudo isto resulta na necessidade de se ter rodovias mais seguras – melhor projetadas e melhor sinalizadas.

4.3 - Aquisição de equipamentos e material de laboratório

Os equipamentos previstos para aquisição no projeto eram basicamente um retro-refletômetro, equipamento fotográfico e escala de cores Munsell.

O retrorrefletômetro especificado foi da MIROLUX modelo 12, que foi adquirido pelo CETEC.

O equipamento fotográfico adquirido foi da marca PENTAX modelo K 1000, destinado a documentação visual do projeto.

Os padrões Munsell não foram comprados, pois embora o representante americano houvesse sido contatado repetidas vezes, não se obteve resposta plausível. Para se evitar atrasos ao projeto, optou-se por utilizar os padrões, emprestados por uma fábrica de tintas, localizada em Belo Horizonte.

Foram adquiridos ainda os materiais de consumo necessários aos ensaios previstos no projeto.

4.4. Eleição dos trechos teste

Como contrapartida do DER/MG, o projeto contou com a participação do Eng.º José Eustáquio Ferreira Caldas (Divisão de Materiais e Pavimentação - Diretoria de Engenharia) para o estudo e elaboração do documento **Determinação dos trechos-teste**, onde se apresenta além do exposto a seguir, as características do revestimento, croquis dos segmentos escolhidos e seção tipo do pavimento, conforme Anexo VI.

Convencionou-se que as características desejáveis seriam: rodovias com pista em um só sentido de tráfego, com duas ou mais faixas de tráfego por sentido e inexistência de interseções próximas aos trechos-teste.

A partir desta premissa, estudou-se o melhor local, tendo em vista a qualidade do pavimento, velocidade diretriz, geometria da via, número e largura das faixas de tráfego.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

No documento são estabelecidas algumas condições complementares para a escolha da via, a saber:

- ◆ Localização mais próxima possível de Belo Horizonte, com o intuito de se evitar deslocamentos dispendiosos;
- ◆ Segmentos que não viessem a sofrer intervenções durante o período de execução da pesquisa;
- ◆ Segmentos que apresentassem trechos tanto em pavimento flexível, quanto em pavimento rígido;
- ◆ Volume Médio Diário de Tráfego (VMD) classificado como pesado, de forma que a demarcação fosse submetida ao desgaste intensivo por ação do tráfego, pretendendo assim reduzir o tempo de avaliação.

A partir destes critérios, optou-se então pela Rodovia **MG-424**, pista direita, sentido Belo Horizonte - Pedro Leopoldo.

Esta via apresenta extensão de 30 Km e velocidade diretriz de 80 Km/h. Foi construída em 1979, e seu estado de conservação é bastante satisfatório, nos segmentos escolhidos: Km 18, em pavimento rígido (Concreto de Cimento Portland) e Km 24, em pavimento flexível (Concreto Betuminoso Usinado à Quente). É constituída de pista dupla, com duas faixas de tráfego cada e dividida por canteiro central de 7,00m.

4.5. Estudo de tráfego nos trechos-teste

Tendo-se escolhido "a priori", a via onde poderiam ser executadas as demarcações previstas no projeto, passou-se à realização dos estudos de tráfego, de forma a se determinar o volume médio diário (VMD) atuante.

Coube ao DER/MG a responsabilidade da avaliação e apresentação do documento **Resultado dos Estudos de Tráfego para Pesquisa Técnica 778/95** (Vide Anexo VII).

O documento foi elaborado sob supervisão do Eng^o Getúlio Carlos de Salles, Chefe da Divisão de Faixa de Domínio (Diretoria de Engenharia); sendo coordenador da pesquisa de tráfego, o técnico José Maria dos Santos.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Constituem o documento:

- ◆ Metodologia adotada nas pesquisas de campo;
- ◆ Ficha de identificação dos postos de pesquisa;
- ◆ Identificação dos veículos pela configuração de eixos;
- ◆ Expansão dos volumes de tráfego;
- ◆ Projeção do VMD e do número N;
- ◆ Resumo do VMD;
- ◆ Contagem volumétrica classificatória;
- ◆ Resumo da contagem classificatória por eixo;
- ◆ Fluxogramas de tráfego;
- ◆ Histogramas de tráfego;
- ◆ Resumo dos estudos de tráfego

Neste estudo caracteriza-se tráfego atual, bem como, projeta-se o tráfego futuro que utilizará a rodovia.

As pesquisas de tráfego consistiram em "Contagens Volumétricas Classificatórias", realizadas em três dias consecutivos, com jornada de 14 horas, em um posto de contagem instalado no quilômetro 24 da MG-424, com o apoio da 1ªCRG (1ª Coordenadoria Regional do DER/MG).

O volume médio diário obtido (Setembro/96) foi da ordem de 6.500 (seis mil e quinhentos) veículos, com 45% de veículos de carga.

Ao final do período de avaliação dos sistemas de demarcação aplicados (Julho/98), o tráfego previsto, calculado segundo a metodologia do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos da América – USACE, foi de $1,31 \times 10^7$ repetições do eixo de 8,2 tf.

DIRETORIA DE ENGENHARIA

DIVISÃO DE FAIXA DE DOMÍNIO – DE / DFM

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| RESUMO DA CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA POR EIXO | | |
|--|--|------------|
| RODOVIA: | MG – 424 TRECHO - BELO HORIZONTE – PEDRO LEOPOLDO. | |
| PROJETO: | PESQUISA TÉCNICA Nº 778/95 – DER/MG – CETEC – FAPEMIG. | |
| MOVIMENTO: | BELO HORIZONTE – PEDRO LEOPOLDO | |
| PERÍODO: | 10/09/96 A 12/09/96. | |
| RESUMO FINAL | | |
| VEÍCULOS | VOLUMES | |
| TIPO | VMD | (%) |
| PASSEIO | 3337 | 51 |
| COLETIVOS | 240 | 4 |
| CARGA | 2920 | 45 |
| TOTAL | 6497 | 100 |

4.6. Contratação de empresa para aquisição e aplicação dos materiais

A princípio, pensou-se na aquisição isolada dos materiais de demarcação, que seriam comprados diretamente dos próprios fabricantes, e que após análise de laboratório seriam aplicados por empreiteiros. Caso rejeitados, os materiais deveriam retornar ao fabricante para a necessária substituição, com os custos de transporte e análise laboratorial a eles agregados.

Cabe lembrar que várias das fábricas em pauta estão localizadas no Rio de Janeiro e em São Paulo.

E ainda, estes materiais são fabricados em grandes lotes e assim comercializados, guardando as características dentro de determinado lote de fabricação. Sua aquisição em pequenas quantidades é bastante difícil e onerosa.

Some-se a este fato, a vida útil do material, que perde a validade se estocado além do tempo determinado.

Por todos estes motivos, julgou-se mais prático realizar-se uma licitação que contemplasse tanto a aquisição quanto a aplicação do material.

Desta forma, o Empreiteiro que compra o material por lotes, teria mais agilidade no caso de uma necessária reposição.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Isto posto, preparou-se então a Carta Convite CETEC GFM 085/96, cujo objeto foi o fornecimento e aplicação dos materiais de demarcação viária, bem como, a confecção e implantação das placas de sinalização previstas no projeto. O licitante vencedor (SITRAN – Sinalização de Trânsito Industrial Ltda.) adquiriu todos os materiais e os encaminhou aos laboratórios do CETEC para a análise prevista no item abaixo.

4.7. Caracterização dos materiais em laboratório

Como contrapartida do CETEC, realizou-se a Verificação Preliminar, conforme normas da ABNT, catalogando-se e identificando-se os seguintes materiais:

| | |
|---|-------------|
| ◆ Esferas e Microesferas de Vidro | 16 amostras |
| ◆ Tinta à Base de Resina Acrílica Emulsionada em Água | 04 amostras |
| ◆ Tinta à Base de Resina Acrílica (Solvente) | 04 amostras |
| ◆ Termoplástico Extrudado | 13 amostras |
| ◆ Termoplástico Aspergido | 04 amostras |

Após esta verificação, passou-se à execução dos ensaios de caracterização, de acordo com as normas da ABNT, abaixo discriminadas.

| Tintas | Termoplásticos | Microesferas de Vidro |
|---------------|-----------------------|------------------------------|
| NBR 12027 | NBR 13076 | NBR 6823 |
| NBR 12028 | NBR 13090 | NBR 6824 |

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| | | |
|-----------|-----------|----------|
| NBR 12029 | NBR 13077 | NBR 6825 |
| NBR 12030 | NBR 13091 | NBR 6826 |
| NBR 12031 | NBR 13079 | NBR 6827 |
| NBR 12032 | NBR 13092 | NBR 6828 |
| NBR 12033 | NBR 13080 | NBR 6829 |
| NBR 12034 | NBR 13081 | NBR 6830 |
| NBR 12035 | NBR 13094 | NBR 6832 |
| NBR 12036 | NBR 13093 | NBR 6833 |
| NBR 12037 | NBR 13082 | |
| NBR 12038 | | |
| NBR 12039 | | |
| NBR 5829 | | |

4.8. Aplicação dos materiais nos trechos-teste

4.8.1. Execução de sinalização local e informação à população

A população foi informada através da imprensa, por matéria publicada no jornal “Hoje em Dia” de 22/09/97, com o título “Pesquisa definirá melhor sinalização” e através das próprias placas indicativas que foram implantadas ao início de cada trecho-teste e foram confeccionadas conforme padrão determinado pela Secretaria de Transportes e Obras Públicas do Estado de Minas Gerais, contendo as seguintes informações: nome da pesquisa, local (trechos-teste), órgão financiador, órgãos executores, valor da pesquisa, período de duração.

Para implantação dos materiais no campo, algumas medidas foram tomadas principalmente no aspecto da segurança do tráfego, dada à impossibilidade de retê-lo ou mudá-lo de rota durante os trabalhos.

Segundo dados obtidos na pesquisa de tráfego e através das informações da Polícia Rodoviária Estadual, verificou-se que domingo era o dia de menor volume de veículos pesados atuantes no

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

segmento–teste, sendo portanto, o dia mais estratégico para início dos serviços e até para as avaliações periódicas a serem realizadas posteriormente.

Conforme os padrões de segurança viária, foram utilizados cones, cavaletes, tambores plásticos e sinalizadores manuais, para desviar o tráfego para a pista esquerda, nos segmentos do Km 18 e do Km 24, sentido Pedro Leopoldo – Belo Horizonte.

As operações de desvio de tráfego durante a aplicação e durante as avaliações posteriores foram realizadas pelo DER/MG, através dos funcionários da 1ª Coordenadoria Regional, Engº Almerindo M. Moreira, José Antônio de Araújo, Eduardo A. Gonçalves, Tarcísio A. Abreu e Sílvio P. Silva e pela 8ª Companhia de Polícia Rodoviária. da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais.

Como haviam dois trechos destinados à aplicação dos materiais previstos na pesquisa, estipulou-se o Km 24, como o local de início das atividades.

4.8.2. Equipamentos utilizados na aplicação dos materiais

Como a pesquisa previa a implantação de sistemas de demarcação comumente utilizados, tanto para aplicação à frio (tintas) quanto para aplicação à quente (termoplásticos), utilizou-se também dois tipos de unidades mecânicas auto-propelidas, conforme descrição abaixo:

◆ Tintas

Equipamento para aplicação de tintas pelo processo de aspersão, montado sobre chassis, constituído por:

- a) Motor para propulsão do compressor de ar independente,
- b) Compressor com tanque pulmão de ar,
- c) Mexedores hidráulicos ou mecânicos,
- d) Dois tanques pressurizados para as tintas,
- e) Tanque pressurizado para as microesferas,
- f) Tanque pressurizado para solvente, contendo conjunto de mangueiras e torneiras para limpeza automática das pistolas de pintura
- g) Conjunto para aplicação de microesferas de vidro, contendo reservatório pressurizado e espalhadores atomizados,

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

- h) Conjunto de pintura, oscilante através de pistão pneumático, de forma a manter constante a distância das pistolas ao pavimento
- i) Pistolas com atuação pneumática, que permitam a regulação da largura das faixas
- j) Dispositivos balizadores e miras óticas para direcionamento da unidade aplicadora durante a execução da demarcação
- l) Quadro de instrumentos operacionais contendo:
 - Válvulas reguladoras do ar de comando, uma por cada pistola de tinta
 - Válvulas reguladoras do ar atomizado, uma por cada pistola de tinta
 - Válvulas reguladoras do ar para pressurização dos tanques de tinta, uma por cada tanque
 - Válvulas reguladoras do ar de comando, uma por cada espalhador de microesferas
 - Válvulas reguladoras do ar atomizado, uma por cada espalhador de microesferas
 - Válvulas reguladoras do ar para pressurização do tanque de microesferas, acoplada a um filtro de umidade
- m) Programador eletrônico de cadência para comando de pistolas de tintas e espalhadores de microesferas, de acordo com a cadência pré-determinada, utilizando taco gerador
- n) Discos limitadores de linhas para delineamento das bordas
- o) Dispositivos balizadores e miras óticas para direcionamento da unidade aplicadora durante a execução da demarcação

◆ **Termoplástico aspergido**

Equipamento para aplicação do material termoplástico pelo processo de aspersão, constituído por:

- a) Usina móvel montada sobre caminhão, constituída por dois recipientes para fusão do material, providos de aquecedores e agitadores com regulação automática de temperatura.

- b) Veículo autopropulsor contendo conjunto para aplicação de massas termoplásticas e contendo recipiente pressurizado para material termoplástico fundido, dispendo de aquecimento indireto, com dispositivo para controle e regulação

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

- c) Compressor com tanque pulmão de ar, destinado à pressurização da auto-clave, tanque de microesferas e tanques de material e ao acionamento pneumático das pistolas para termoplásticos e microesferas
- d) Gerador de força para alimentação dos dispositivos de segurança e controle
- e) Dispositivos de aplicação contínua e intermitente para execução das linhas simples e/ou duplas, dos materiais utilizados
- f) Dispositivos, acessórios de controle e segurança centralizados em painéis na cabine do veículo e na plataforma de comando do conjunto de aplicação
- g) Termômetros em perfeito estado de funcionamento para controle de temperatura das caldeiras de fusão e do material
- h) Dispositivos balizadores e miras óticas para direcionamento da unidade aplicadora durante a execução da demarcação.
- i) Conjunto aplicador contendo duas pistolas para termoplástico e espalhador de microesferas de vidro

◆ **Termoplástico extrudado**

Equipamento para aplicação do material termoplástico extrudado constituído por:

- a) Usina móvel montada sobre caminhão, constituída por dois recipientes para fusão do material termoplástico, provido de queimadores, controle de temperatura e agitadores com velocidade variável
- b) Veículo para apoio e transporte de pessoal
- c) Termômetros em perfeito estado de funcionamento, para controle da temperatura de fusão
- d) Gerador de eletricidade, para alimentadores dos dispositivos de segurança e controle
- e) Sistema de aquecimento, com queima de gás ou óleo
- f) Sapatas para aplicação manual, com largura variável de 100 a 500 mm e abertura de 3,4 mm
- g) Carrinho para aplicação e distribuição de microesferas por gravidade, com largura de 100 mm a 500 mm

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

4.8.3. Calibragem dos equipamentos

A implantação de demarcação viária requer periodicamente, a calibragem e ajustes do equipamento, devido à mudanças nas condições de aplicação, relacionadas aos tipos de materiais, superfícies, dimensões das demarcações e recargas do equipamento.

Em razão da ausência de sistemas eletrônicos de auto-regulagem, a ajustagem das quantidades e dimensões aplicadas foram obtidas por tentativas, associadas à prática dos operadores e encarregados, compondo um conjunto de aplicações, pesagens e medições até a obtenção dos parâmetros requeridos.

Como este trabalho previa a aplicação de diversos tipos de materiais, utilizando diferentes equipamentos, esta etapa demorou bem mais do que o previsto. Foram necessárias três (3) semanas para os ajustes, inúmeros testes e consumo de material, até que se obtivesse uma perfeita integração da equipe de aplicação e o funcionamento adequado dos equipamentos.

Ainda assim, durante a realização dos trabalhos houve faixas que não ficaram a contento, seja por distribuição inadequada das microesferas ou por espessura de película aquém do especificado. Estas faixas foram rejeitadas e reaplicadas novamente.

É importante considerar também que, nas aplicações em que se utilizou o sistema “double-drop”, principalmente nos termoplásticos, não se conseguiu o resultado esperado, em função da dificuldade de aplicação deste sistema em faixas com apenas 18,80 m de comprimento. Entretanto, os resultados obtidos foram suficientes, para o estabelecimento dos parâmetros mínimos de desempenho dos materiais quanto à retrorefletividade.

Durante o processo de calibragem dos equipamentos, foram verificados os seguintes itens:

◆ Velocidade de Trabalho

Avaliou-se a velocidade do equipamento aplicador de tintas, em uma via lateral (também pavimentada), próxima ao trecho-teste. Marcou-se nesta via, uma distância de 12 metros, fazendo-se com que o equipamento a percorresse dez vezes, cronometrando-se todas as passagens. Obteve-se

assim, uma média em relação ao tempo de deslocamento do equipamento, igual a 17,9 segundos. A velocidade do equipamento foi estimada pela razão entre a distância e a média dos tempos.

Logo, $12 \text{ metros} \div 17,9 \text{ seg.} = 0,67 \text{ m/s}$,

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

ou aproximadamente, $0,67 \times 3600 = 2,4$ Km/h

Esta velocidade foi mantida constante em todas as aplicações com tinta de demarcação viária.

◆ **Largura da Faixa**

Para que se aplicasse a faixa na largura de 15 cm, experimentou-se várias alturas para a pistola de aspersão de tinta. Constatou-se que para a altura de 20 cm, a faixa demarcada mantinha os 15 cm desejados. Durante as aplicações esta altura foi mantida fixa.

◆ **Espessura de Película Úmida de Tinta**

Na ajustagem de espessura de película úmida para as tintas, testou-se diversas pressões de aspersão (ar comprimido). Obteve-se a espessura de 0,6mm a 46 libras/pol.², com a velocidade constante de 2,4 Km/h. A medição da espessura de tinta foi realizada com o medidor de película úmida “Erichsen”.

O mesmo procedimento foi repetido para a calibragem da espessura do filme de material termoplástico, cuja espessura seca foi medida com paquímetro “Mitutoyo”.

◆ **Aspersão de Microesferas**

Para calibragem da quantidade de microesferas aspergidas pelo equipamento, de acordo com as taxas estipuladas, procedeu-se da seguinte forma:

- ◆ Com o tanque cheio de tinta, aspergiu-se material sobre uma placa metálica, de peso e dimensões conhecidas, de acordo com a espessura especificada. Pesou-se então, placa + tinta, denominando-se P_1
- ◆ Em uma nova passagem do equipamento, aplicou-se em uma nova placa de peso conhecido, tinta e também microesferas, verificando-se a pressão do ar comprimido durante a aplicação da mesma. Pesou-se o conjunto placa + tinta + microesferas, denominando-o P_2
- ◆ A diferença entre P_2 e P_1 é o peso das microesferas ancoradas na tinta.
- ◆ A razão entre o peso das microesferas pela área aspergida na placa, determina a taxa de microesferas aplicadas.
- ◆ Este procedimento foi repetido até que se conseguisse a taxa prevista, verificando-se a pressão do ar comprimido, cujo valor foi fixado e mantido nas aplicações.
- ◆ Durante a calibragem, avaliou-se a uniformidade de distribuição das microesferas II-A, III-A, III-B e III-C, sobre a tinta e termoplástico, com o auxílio de uma lupa.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

4.8.4. Preparação das superfícies

Objetivando a adequada aplicação dos materiais, promoveu-se uma limpeza geral do local através de varrição manual, de modo que as superfícies se apresentassem secas e isentas de impurezas, garantindo a aderência desejada dos materiais na pista.

4.8.5. Controle das condições de aplicação dos materiais

Imediatamente antes da aplicação de cada um dos materiais na pista, foram medidos e anotados em formulário apropriado os seguintes dados:

◆ Temperatura do pavimento

Foi medida a temperatura do pavimento nas quatro trilhas de roda e tirada a média. A medida foi realizada com o aparelho “Termotemp – noncontact thermometer, Model HTT-2, Pavemark”, de propriedade do DER/MG. As medidas foram tomadas a uma distância de 15 cm da superfície pavimentada.

◆ Temperatura ambiente e umidade do ar

Utilizou-se um higrômetro, de propriedade de CETEC, para medição da temperatura ambiente e umidade do ar.

No período em que foram realizadas estas aplicações, registrava-se altas temperaturas no país, atribuídas ao fenômeno “El Niño”, especialmente no estado de Minas Gerais. Em decorrência deste fato, algumas aplicações foram realizadas sob temperaturas ambientes maiores do que as normalmente adotadas (entre 15°C e 35°C) e temperaturas do pavimento maiores do que 40°C. Entretanto, não se observou durante as aplicações qualquer efeito negativo nos materiais aplicados, relacionados com as temperaturas anotadas.

4.8.6. Dimensões e disposição dos sistemas

As dimensões e disposições das faixas que haviam sido definidas ao início da pesquisa, tiveram que ser modificadas, em função do tamanho dos equipamentos e necessidade de espaço para manobras. Assim, a aplicação dos sistemas perpendicularmente ao sentido do tráfego, foi substituída pela

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

aplicação oblíqua (escondidade de 66°) e a largura entre faixas passou de 30 cm para 50 cm. Também, a largura de cada faixa foi alterada de 10 para 15 cm, aumentando a área a ser medida, visando resultados mais homogêneos nas leituras de desgaste e de retrorrefletância.

As demarcações foram implantadas então, com as seguinte dimensões e disposição:

- ◆ **Largura da faixa:** 15 cm
- ◆ **Comprimento da faixa:** 18,80 cm
- ◆ **Escondidade:** aproximadamente 66° à direita
- ◆ **Largura entre faixas:** 50 cm
- ◆ **Espessura (úmida) para tintas:** 0,6 mm
- ◆ **Espessura (seca) termoplástico aspergido:** 1,5 mm
- ◆ **Espessura (seca) termoplástico extrudado:** 3,0mm
- ◆ **Espessura (seca) elastoplástico:** 1,5 mm.

4.8.7. Sistemas aplicados

Conforme previsto ao início da pesquisa, definiu-se oito baterias de testes compostas de três sistemas de aplicação cada, utilizando-se as taxas usuais de esferas e microesferas de vidro para cada material.. Estas baterias de testes foram aplicadas nos trechos-teste, no Km 18 e no Km 24.

◆ **1ª Bateria de Testes:**

Tinta à base de resina acrílica (solvente), cor branca, com:

- Microesferas II-A (350 g/m²)
- Microesferas I-B (200 g/l) + II-A (350 g/m²)
- Microesferas I-B (200 g/l) + II-A (200 g/m²) + III-A (350 g/m²)

◆ **2ª Bateria de Testes:**

Tinta à base de resina acrílica (solvente), cor amarela, com:

- Microesferas II-A (350 g/m²)
- Microesferas I-B (200 g/l) + II-A (350 g/m²)

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

- Microesferas I-B (200 g/l) + II-A (200 g/m²) + III-A (350 g/m²)

◆ **3ª Bateria de Testes:**

Tinta acrílica emulsionada em água, cor branca, com:

- Microesferas II-A (350 g/m²)
- Microesferas I-B (200 g/l) + II-A (350 g/m²)
- Microesferas I-B (200 g/l) + II-A (200 g/m²) + III-A (350 g/m²)

◆ **4ª Bateria de Testes:**

Tinta acrílica emulsionada em água, cor amarela, com:

- Microesferas II-A (350 g/m²)
- Microesferas I-B (200 g/l) + II-A (350 g/m²)
- Microesferas I-B (200 g/l) + II-A (200 g/m²) + III-A (350 g/m²)

◆ **5ª Bateria de Testes:**

Termoplástico aspergido, cor branca, com microesferas I-A (20% em peso), agregadas ao material durante sua fabricação e mais:

- Microesferas II-A (450 g/m²)
- Esferas III-B (500 g/m²)
- Microesferas II-A (250 g/m²) + Esferas III-B (400 g/m²)

◆ **6ª Bateria de Testes:**

Termoplástico aspergido, cor amarela, com microesferas I-A (20% em peso), agregadas ao material durante sua fabricação e mais:

- Microesferas II-A (450 g/m²)
- Esferas III-B (500 g/m²)
- Microesferas II-A (250 g/m²) + Esferas III-B (400 g/m²)

◆ **7ª Bateria de Testes:**

Termoplástico extrudado, cor branca, com microesferas I-A (20% em peso), agregadas ao material durante sua fabricação e mais:

- Microesferas II-A (450 g/m²)
- Esferas III-C (500 g/m²)

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

- Microesferas II-A (250 g/m²) + Esferas III-C (400 g/m²)

◆ **8ª Bateria de Testes:**

Termoplástico extrudado, cor amarela, com microesferas I-A (20% em peso), agregadas ao material durante sua fabricação e mais:

- Microesferas II-A (450 g/m²)
- Esferas III-C (500 g/m²)
- Microesferas II-A (250 g/m²) + Esferas III-C (400 g/m²)

4.8.7.1. Inclusão do material elastoplástico

O material elastoplástico, por não ser de uso comum em rodovias nacionais, comparativamente às tintas e termoplásticos, não havia entrado no escopo deste projeto. Entretanto, um fabricante teve o interesse em avaliá-lo, doando algumas amostras para serem aplicadas.

O material chegou ao campo apenas no dia da implantação, portanto não foram realizados os ensaios de controle de qualidade previstos para o recebimento do material.

A quantidade doada só era suficiente para a aplicação em um dos trechos –teste. Optou-se então, por sua aplicação no pavimento betuminoso (CBUQ), por ser este o tipo de pavimento mais comum no País.

Cabe dizer então, que sua aplicação e monitoramento tiveram caráter apenas experimental.

4.8.7.2. Formulários utilizados na aplicação dos materiais

Durante a aplicação dos materiais no campo, foram anotados dados quanto ao tipo de sistema e pavimento em foi aplicado, data e hora da aplicação, temperatura do pavimento, temperatura ambiente, umidade do ar e tempo de secagem do material, em formulários elaborados para este fim, conforme segue:

Formulário 1

Aplicação de Materiais

Trecho-teste: Pavimento em Concreto de Cimento Portland (Km 18)

Material: Tinta à base de resina acrílica (Solvente), nas cores branca e amarela

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| Faixa n° | Material | Dia | Hora | Temp ^a | Temp ^a | Umidade do Ar (%) | Tempo Secagem (min.) | | |
|----------|---|--|-------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|------------|--|
| | | | | Pavto (°C) | Ambiente (°C) | | Ao toque | Ao tráfego | |
| 01 | Tinta Solv. Br, com microesferas II-A | 28.08.97 | 11:07 | 33 | 23 | 75 | 15 | 55 | |
| 02 | Tinta Solv. Br, com microesferas I-B | REJEITADA (Aplicação inadequada de material) | | | | | | | |
| 03 | Tinta Solv. Br, com microesferas I-B e II-A | 28.08.97 | 11:36 | 35 | 26 | 75 | 15 | 55 | |
| 04 | Tinta Solv. Br, com microesferas I-B e II-A e III-A | 28.08.97 | 11:40 | 35 | 26 | 75 | 15 | 55 | |
| 05 | Tinta Solv. Am, com microesferas II-A | 28.08.97 | 11:57 | 37 | 26 | 68 | 15 | 55 | |
| 06 | Tinta Solv. Am, com microesferas I-B e II-A | 28.08.97 | 12:20 | 39 | 27 | 56 | 15 | 55 | |
| 07 | Tinta Solv. Am, com microesferas I-B e II-A e III-A | 28.08.97 | 12:27 | 39 | 27 | 56 | 15 | 55 | |

Formulário 2

Aplicação de Materiais

Trecho-teste: Pavimento em Concreto de Cimento Portland (Km 18)

Material: Tinta à base de resina acrílica (Água), nas cores branca e amarela

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| Faixa nº | Material | Dia | Hora | Temp ^a Pavimento (°C) | Temp ^a Ambiente (°C) | Umidade do Ar (%) | Tempo Secagem (min.) | |
|----------|---|-----------------------------------|-------|--|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| | | | | | | | Ao toque | Ao tráfego |
| 08 | Tinta Água Br, com microesferas II-A | 28.08.97 | 16:00 | 36 | 28 | 45 | 05 | 10 |
| 09 | Tinta Água Br, com microesferas I-B e II-A | REJEITADA, (Aplicação inadequada) | | | | | | |
| 10 | Tinta Água Br, com microesferas I-B e II-A | 28.08.97 | 16:40 | 36 | 28 | 45 | 05 | 10 |
| 11 | Tinta Água Br, com microesferas I-B e II-A e III-A | 28.08.97 | 16:50 | 36 | 28 | 45 | 05 | 10 |
| 12 | Tinta Água Am, com microesferas II-A | 29.08.97 | 10:50 | 39 | 24 | 61 | 05 | 10 |
| 13 | Tinta Água Am, com microesferas I-B e II-A | 29.08.97 | 11:00 | 39 | 24 | 61 | 05 | 10 |
| 14 | Tinta Água Am, com microesferas I-B e II-A e III-A | 29.08.97 | 11:10 | 39 | 24 | 61 | 05 | 10 |

Formulário 3

Aplicação de Materiais

Trecho-teste: Pavimento em Concreto de Cimento Portland (Km 18)

Material: Termoplástico extrudado, nas cores branca e amarela

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| Faixa n° | Material | Dia | Hora | Tempª | Tempª | Umidade do Ar (%) | Tempo Secagem (min.) | |
|----------|--|----------------------------------|-------|----------------|---------------|-------------------|----------------------|--|
| | | | | Pavimento (°C) | Ambiente (°C) | | Ao tráfego | |
| 15 | Termopl. Extr..Br, com microesferas II-A | 11.09.97 | 14:20 | 39 | 33 | 47 | 02 | |
| 16 | Termopl. Extr..Br, com microesferas III-C | REJEITADA (Aplicação inadequada) | | | | | | |
| 17 | Termopl. Ext. Br, com microesferas III-C | 11.09.97 | 14:40 | 39 | 33 | 47 | 02 | |
| 18 | Termopl. Extr..Br, com microesferas II-A e III-C | 11.09.97 | 14:50 | 39 | 33 | 47 | 02 | |
| 19 | Termopl. Extr. Am, com microesferas II-A | 11.09.97 | 11:10 | 40 | 35 | 47 | 02 | |
| 20 | Termopl. Extr. Am, com microesferas III-C | 11.09.97 | 11:20 | 40 | 35 | 47 | 02 | |
| 21 | Termopl. Extr. Am, com microesferas II-A e III-C | 11.09.97 | 11:31 | 40 | 35 | 47 | 02 | |

Formulário 4

Aplicação de Materiais

Trecho-teste: Pavimento em Concreto de Cimento Portland (Km 18)

Material: Termoplástico aspergido, nas cores branca e amarela

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| Faixa n° | Material | Dia | Hora | Tempª | Tempª | Umidade do Ar (%) | Tempo Secagem (min.) |
|-------------|--|----------|-------|-------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | | | Pavimento (°C) | Ambiente (°C) | | Ao tráfego |
| 22 | Termopl. Asp.Br, com microesferas II-A | 13.09.97 | 11:00 | 34 | 27 | 62 | 01 |
| 23 | Termopl. Asp. Br, com microesferas III-B | 13.09.97 | 11:10 | 34 | 27 | 62 | 01 |
| 24 | Termopl. Asp.Br, com microesferas II-A e III-B | 11.09.97 | 11:20 | 34 | 27 | 62 | 01 |
| 25 | Termopl. Asp. Am, com microesferas II-A | 11.09.97 | 15:10 | 40 | 35 | 47 | 01 |
| 26 | Termopl. Asp. Am, com microesferas III-B | 11.09.97 | 15:30 | 40 | 35 | 47 | 01 |
| 27 | Termopl. Asp. Am, com microesferas II-A e III-B | 11.09.97 | 15:45 | 40 | 35 | 47 | 02 |

Formulário 5

Aplicação de Materiais

Trecho-teste: Pavimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (Km 24)

Material: Elastoplástico, nas cores branco e amarelo.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| Faixa n° | Material | Dia | Hora | Temp^a Pavimento (°C) | Temp^a Ambiente (°C) | Umidade do Ar (%) |
|-----------------|---|------------|-------------|--|---|----------------------------------|
| 01 | Elastopl. .Br, N 5730, com microesferas I-B | 07.09.97 | 13:30 | 50 | 36,5 | 41 |
| 02 | Elastopl. .Am, N 5730, com microesferas I-B | 07.09.97 | 13:45 | 50 | 36,5 | 41 |
| 03 | Elastopl. .Br, A 380, com microesferas II-A | 07.09.97 | 14:20 | 50 | 36,5 | 41 |
| 04 | Elastopl. .Am, N 421, com microesferas II-A | 07.09.97 | 14:15 | 50 | 36,5 | 41 |

Formulário 6

Aplicação de Materiais

Trecho-teste: Pavimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (Km 24)

Material: Tinta à base de resina acrílica (Solvente), nas cores branca e amarela

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| Faixa n° | Material | Dia | Hora | Temp ^a Pavimento (°C) | Temp ^a Ambiente (°C) | Umidade do Ar (%) | Tempo Secagem (min.) | |
|-------------|---|----------|-------|--|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| | | | | | | | Ao toque | Ao tráfego |
| 05 | Tinta Solv. Br, com microesferas II-A | 27.08.97 | 10:25 | 37 | 24 | 61 | 15 | 55 |
| 06 | Tinta Solv. Br, com microesferas I-B e II A | 27.08.97 | 10:45 | 39 | 24 | 61 | | |
| 07 | Tinta Solv. Br, com microesferas I-B, II-A e III A | 27.08.97 | 10:50 | 39 | 24 | 61 | 15 | 55 |
| 08 | Tinta Solv. Br, com microesferas II-A | 27.08.97 | 11:20 | 40 | 26 | 55 | 15 | 55 |
| 09 | Tinta Solv. Am, com microesferas I B e II-A | 27.08.97 | 15:00 | 44 | 30 | 47 | 15 | 55 |
| 10 | Tinta Solv. Am, com microesferas I-B, II-A e III A | 27.08.97 | 15:10 | 44 | 30 | 47 | 15 | 55 |

Formulário 7

Aplicação de Materiais

Trecho-teste: Pavimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (Km 24)

Material: Tinta à base de resina acrílica (Água), nas cores branca e amarela

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| Faixa n° | Material | Dia | Hora | Temp ^a Pavimento (°C) | Temp ^a Ambiente (°C) | Umidade do Ar (%) | Tempo Secagem (min.) | |
|----------|---|-----------------------------------|-------|--|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| | | | | | | | Ao toque | Ao tráfego |
| 11 | Tinta Água Br, com microesferas II-A | 28.08.97 | 16:15 | 39 | 28 | 51 | 05 | 10 |
| 12 | Tinta Água Br, com microesferas I-B e II-A | 28.08.97 | 16:00 | 40 | 28 | 51 | 05 | 10 |
| 13 | Tinta Água Br, com microesferas I-B, II-A e III A | 28.08.97 | 15:20 | 42 | 29 | 45 | 05 | 10 |
| 14 | Tinta Água Am, com microesferas II-A | 28.08.97 | 16:25 | 39 | 28 | 51 | 05 | 10 |
| 15 | Tinta Água Am, com microesferas I B e II-A | REJEITADA, (Aplicação inadequada) | | | | | | |
| 16 | Tinta Água Am, com microesferas I-B e II-A | 29.08.97 | 14:35 | 43 | 28 | 45 | 05 | 10 |
| 17 | Tinta Água Am, com microesferas I-B, II-A e III-A | 29.08.97 | 15:00 | 42 | 29 | 45 | 05 | 10 |

Formulário 8

Aplicação de Materiais

Trecho-teste: Pavimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (Km 24)

Material: Termoplástico extrudado, nas cores branca e amarela

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| Faixa nº | Material | Dia | Hora | Temp ^a | Temp ^a | Umidade | Tempo | |
|-------------|---|----------------------------------|-------|-------------------|-------------------|--------------|------------------------------|--|
| | | | | Pavimento (°C) | Ambiente (°C) | do Ar (%) | Secagem (min.) Ao tráfego | |
| 18 | Termopl. Extr..Br, com microesferas II-A | REJEITADA (Aplicação inadequada) | | | | | | |
| 19 | Termopl. Extr..Br, com microesferas II-A | 09.09.97 | 10:35 | 41 | 35 | 46 | 02 | |
| 20 | Termopl. Extr. Br, com microesferas III-C | 10.09.97 | 10:20 | 40 | 32 | 37 | 02 | |
| 21 | Termopl. Extr..Br, com microesferas II-A e III-C | 10.09.97 | 10:30 | 40 | 32 | 37 | 02 | |
| 22 | Termopl. Extr. Am, com microesferas II-A | 10.09.97 | 11:30 | 43 | 35 | 36 | 02 | |
| 23 | Termopl. Extr. Am, com microesferas III-C | 10.09.97 | 12:00 | 46 | 38 | 36 | 02 | |
| 24 | Termopl. Extr. Am, com microesferas II-A e III-C | REJEITADA (Aplicação inadequada) | | | | | | |
| 28 | Termopl. Extr. Am, com microesferas II-A | REJEITADA (Aplicação inadequada) | | | | | | |
| 29 | Termopl. Extr. Am, com microesferas II-A e III-C | 09.09.97 | 15:30 | 44 | 38 | 36 | 02 | |

Formulário 9

Aplicação de Materiais

Trecho-teste: Pavimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (Km 24)

Material: Termoplástico aspergido, nas cores branca e amarela

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| Faixa n° | Material | Dia | Hora | Temp ^a Pavimento (°C) | Temp ^a Ambiente (°C) | Umidade do Ar (%) | Tempo Secagem (min.) |
|----------|--|----------|-------|--|---------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| | | | | | | | Ao tráfego |
| 25 | Termopl. Asp.Br, com microesferas III-B | 09.09.97 | 13:30 | 48 | 38 | 36 | 01 |
| 26 | Termopl. Asp. Br, com microesferas II-A | 09.09.97 | 13:45 | 48 | 38 | 36 | 01 |
| 27 | Termopl. Asp..Br, com microesferas II-A e III-B | 09.09.97 | 14:05 | 48 | 38 | 36 | 01 |
| 30 | Termopl. Asp. Am, com microesferas II-A | 10.09.97 | 14:30 | 44 | 38 | 36 | 01 |
| 31 | Termopl. Asp. Am, com microesferas III-B | 10.09.97 | 14:45 | 44 | 38 | 36 | 01 |
| 32 | Termopl. Asp. Am, com microesferas II-A e III-B | 10.09.97 | 15:00 | 44 | 38 | 36 | 01 |

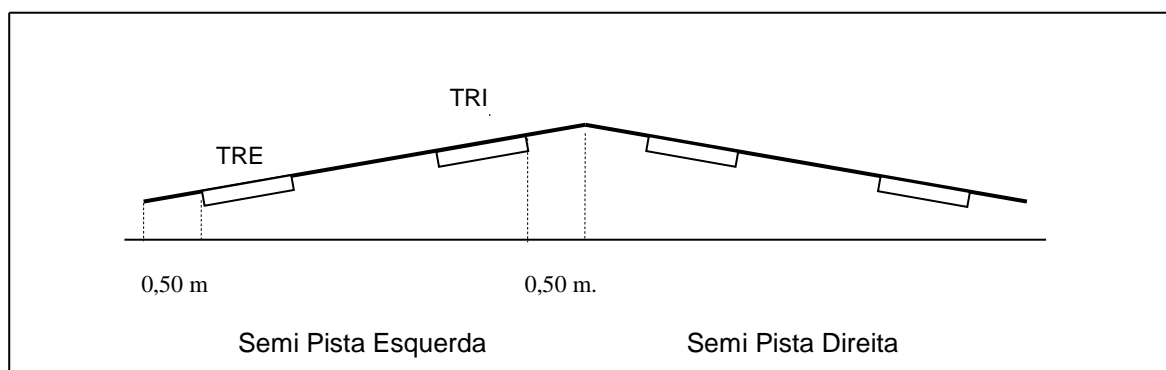
4.9. Avaliação periódica dos sistemas aplicados

4.9.1. Definição das trilhas de rodas

Preliminarmente à aplicação dos sistemas, estabeleceu-se que os mesmos seriam avaliados quanto a retrorefletância e desgaste nas trilhas de rodas das duas semi pistas, objetivando conhecer e estabelecer o desempenho nas condições de tráfego leve (semi-pista esquerda) e tráfego pesado (semi-pista direita).

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Assim após a implantação dos sistemas, demarcou-se nas semi-pista esquerda (SPE) e direita (SPD), as trilhas de rodas interna e externa (largura = 1,80 m), para cada faixa de tráfego. As trilhas de rodas externas (TRE), foram dispostas a 0,50 metros dos bordos. As trilhas de rodas internas (TRI), foram dispostas a 0,50 metros do eixo da pista, conforme se observa no desenho esquemático abaixo.



As trilhas de rodas foram inicialmente pré-marcadas, com giz branco, junto à cada sistema aplicado. Esta pré-marcação foi posteriormente substituída por uma marcação definitiva, com pequenos quadrados de material elastoplástico que foram colados ao pavimento, de forma a assegurar o correto posicionamento do retro-refletômetro e grelha nas futuras avaliações periódicas.

4.9.2. Cronograma das avaliações

As avaliações dos sistemas implantados quanto a retrorrefletância e desgaste obedeceram o cronograma abaixo e contaram com quatro medidas de retrorrefletância e uma de desgaste em cada uma das trilhas de rodas e para cada faixa executada.

| Inspeção (nº) | Avaliação |
|---------------|------------------------------|
| 1 | Imediatamente após aplicação |
| 2 | 48 horas após a aplicação |
| 3 | 2 semanas após a aplicação |
| 4 | 4 semanas após a aplicação |

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| | |
|---------|--------------------------------|
| 5 a 10 | A cada mês subsequente |
| 11 a 13 | A cada dois meses subsequentes |

4.9.3. Coleta de Dados

De um total de treze (13) avaliações, foram registradas doze mil seiscentos e oitenta e oito (12.688) leituras de desgaste e retrorrefletância. Estes dados foram separados por cada tipo de material e tratados estatisticamente, de forma que pudessem ser utilizados em análises comparativas.

4.9.3.1. Formulários de Desgaste

Foram elaborados os formulários para coleta de dados no campo, referentes ao desgaste observado nos materiais aplicados, após terem sido submetidos à ação do tráfego e intempéries.

Para fins de comparação entre os materiais, foram medidos como desgaste, os descolamentos ou solturas observados nos sistemas aplicados.

Todos os dados coletados durante as avaliações periódicas constam do Anexo VIII.

4.9.3.2. Formulários de Retrorrefletância

Foram elaborados os formulários para coleta de dados no campo, referentes à retrorrefletância medida nos materiais aplicados, logo após a aplicação e após terem sido submetidos à ação do tráfego e intempéries.

Todos os dados coletados durante as avaliações periódicas constam do Anexo IX.

4.9.4. Gráficos

Para melhor visualização e entendimento do comportamento, de cada sistema aplicado, foram elaborados gráficos, contendo as médias dos valores obtidos em cada trilha de rodas para os valores de Desgaste (Vide Anexo X) e Retrorrefletância (Vide Anexo XI).

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

5. Análise dos Resultados

5.1. Quadros Resumos

Foram elaborados quadros resumo a partir dos valores médios de retrorrefletância e desgaste, considerando-se as quatro trilhas de rodas, a cada medição efetuada.

Com relação à avaliação de desgaste, foram tomadas 4 medidas por faixa, em cada avaliação e foram realizadas 13 avaliações no total, sendo que nas primeiras 4 avaliações não houve desgaste em nenhum sistema implantado. Sabendo-se que foram implantadas 28 faixas no Km 24 (CBUQ) e 24 faixas no Km 18 (CCP), foram realizadas 1.872 leituras de desgaste.

Com relação à avaliação de retrorrefletância, foram tomadas 16 medidas por faixa, durante 13 avaliações. Sabendo-se que foram implantadas 28 faixas no Km 24 (CBUQ) e 24 faixas no Km 18 (CCP), foram realizadas 10.816 leituras de retrorrefletância.

No cômputo geral, foram executadas portanto, 12.688 (doze mil seiscentos e oitenta e oito leituras), no decorrer da Pesquisa.

Como as datas de implantação variam para cada tipo de material e as datas de avaliação periódica foram fixas, equívale dizer que, por exemplo, na última medição alguns materiais estavam implantados há 300 dias, enquanto outros já o estavam há 320 dias.

Para efeito comparativo, considerou-se então, na elaboração destes quadros resumo, intervalos de 0, 10, 30, 50, 100, 150, 200, 250 e 300 dias, esclarecendo-se que o intervalo de 0 a 50 dias apresenta mais subdivisões, pois neste período houve mais variações nos valores de retrorrefletância.

Os valores relativos a estes intervalos foram obtidos por interpolação gráfica, inclusive aqueles relativos aos 100 dias, pois as medições neste período não foram consideradas válidas, uma vez que o equipamento para medidas de retrorrefletância encontrava-se descalibrado.

A partir destes quadros e juntamente com os gráficos, elaborou-se a análise comparativa dos dados.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

5.2. Análises comparativas

A partir da análise do comportamento do material no campo e da análise dos valores médios de retrorrefletância e desgaste, obtidos conforme Gráficos e Quadros Resumo, pode-se verificar que:

1. - Elastoplástico:

Logo no 1º mês após sua aplicação, constatou-se que o material apresentava pouca aderência ao substrato, permitindo o arrancamento manual em alguns pontos.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Em contato com o fabricante, foi explicado que o lote de adesivos utilizado na colagem do material ao substrato, vinha apresentando problemas quanto à adesividade, o que só havia sido observado posteriormente ao envio do material

Entretanto, continuou-se a realizar as avaliações periódicas, pois desconsiderando-se as solturas provenientes da utilização de adesivo inadequado, o desempenho do material poderia servir como dado comparativo em relação aos outros materiais aplicados. Isto posto, verificou-se então que:

1.1. - Os valores de retrorrefletância inicial foram idênticos para ambas as cores, branca e amarela, em cada um dos tipos de material

1.2. - Os materiais apresentaram de forma geral, índice severo de descolamento nas trilhas de roda mais carregadas, ora tratado como “desgaste”, para fins comparativos com os outros materiais.

1.3. A queda de retrorrefletância registrada a cada 50 dias, em termos percentuais, foi menor nas faixas 1 e 2, quando comparadas com as faixas 3 e 4.

1.4. - A maior retrorrefletância inicial ($R_{Li} = 420 \text{ mcd/lux/m}^2$), bem como a maior residual ($R_{Lr} = 190 \text{ mcd/lux/m}^2$), foram observadas na faixa 3, contendo microesferas tipo II-A.

1.5. - A perda de retrorrefletância residual final em relação à inicial, após o período total de observação (300 dias), foi de 55% para a faixa 3 e 12% para a faixas 1.

1.6. - A retrorrefletância média das faixas 1, 2, 3 e 4 sofreu ligeira elevação durante os primeiros 30 dias, sendo que os maiores valores foram medidos aos 10 dias. Tal fato, pode ser creditado ao desgaste de material com a passagem do tráfego, tendo com conseqüência a maior exposição das microesferas. Após este período foi observado um decréscimo suave, da ordem de 20%, a cada avaliação realizada.

1.7. - As faixas 1 e 2 apresentaram retrorrefletividade inicial não compatível com o uso em rodovias sem iluminação, devido aos baixos índices registrados. Em observação visual noturna, confirmou-se que seu desempenho estava aquém dos demais sistemas e que valores de retrorrefletância da ordem de 80 / 90 $\text{mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$, não garantiam a adequada visibilidade noturna.

1.8. - Em observação visual, com auxílio de uma lupa, notou-se que os diâmetros das microesferas utilizadas nos materiais elastoplásticos eram uniformes, e que estas estavam adequadamente

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

ancoradas, o que pode explicar a reduzida perda percentual da retrorrefletância, a cada avaliação realizada.

1.9 - Não houve defasagem considerável entre as quatro trilhas de rodas, conforme se observa nos gráficos de retrorrefletância

2. - Tinta à Base de Resina Acrílica (Solvente)

2.1.-No pavimento flexível (CBUQ) os valores de retrorrefletância (em média) para as tintas na cor amarela foram 30% inferiores aos da tinta branca e que no pavimento de concreto (CCP), foram 20% inferiores.

2.2. - Os materiais apresentaram de forma geral, boa aderência e ótima resistência ao desgaste, no pavimento flexível (CBUQ), mas no pavimento de Concreto de Cimento Portland, este desempenho foi menos eficaz.

2.3. - Os valores mais altos de retrorrefletância inicial resultaram dos sistemas onde se aplicou microesferas I-B/II-A/III-A, seguido do sistema IB/IIA, tanto na cor branca quanto na amarela, porém a redução da retrorrefletância ao longo do tempo foi mais acentuada neste, do que no sistema IB/IIA.

2.4. - A maior retrorrefletância inicial ($R_{L_i} = 400 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$) foi observada na faixa 4 (CCP) – sistema I-B/II-A/III-A. Este sistema apresentou uma queda de 82% nos valores de retrorrefletância residual ($R_{L_f} = 70 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$), em 300 dias.

2.5. A defasagem entre as quatro trilhas de rodas observada nos gráficos de retrorrefletância é pouco expressiva.

2.6. - Nota-se que nas tintas aplicadas no pavimento flexível (CBUQ), houve uma queda nos valores de retrorrefletância aos 10 dias, seguida de uma elevação aos 30 dias, e daí em diante, um decréscimo gradativo até o final das observações.

Explica-se que ao fim de 10 dias, as microesferas que não haviam ficado adequadamente ancoradas, mas apenas retidas nas reentrâncias do pavimento saíram e os valores de retrorrefletância decresceram. Com a passagem do tráfego, houve o desgaste inicial na tinta, causando a maior exposição das microesferas e os valores de retrorrefletância se elevaram. A partir daí, os valores de retrorrefletância decrescem gradualmente, sob a contínua ação do tráfego.

2.7. - O sistema II-A apresentou, em geral, desempenho inferior aos demais sistemas. Em observação visual noturna, confirmou-se que a retrorrefletância não garantia a adequada visibilidade noturna.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

2.8. De maneira geral, o sistema que apresentou melhor desempenho, conjugando-se os valores de retrorrefletância e a perda percentual de retrorrefletância ao longo do tempo, foi o sistema I-B/II-A. Na faixa 6 (CBUQ), foram obtidos os valores de $R_{Li} = 310 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$ e $R_{Lr} = 110 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$, com perda de 63%.

3. - Tinta à Base de Resina Acrílica Emulsionada em Água

3.1. - No pavimento flexível (CBUQ) os valores de retrorrefletância para as tintas na cor amarela foram 30% inferiores aos da tinta branca e que no pavimento de concreto (CCP), foram 25% inferiores

3.2. As tintas aplicadas no CBUQ não apresentaram desgaste considerável, mas aquelas aplicadas no CCP apresentaram alto índice de desgaste, principalmente nas trilhas de rodas mais carregadas.

3.3. - Os valores mais altos de retrorrefletância inicial resultaram dos sistemas onde se aplicou microesferas I-B/II-A/III-A, seguido do sistema IB/IIA, tanto na cor branca quanto na amarela, porém a redução da retrorrefletância ao longo do tempo foi mais acentuada neste, do que no sistema IB/IIA.*

3.4. - A maior retrorrefletância inicial ($R_{Li} = 380 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$) foi observada na faixa 11 (CCP) – sistema I-B/II-A/III-A, mas este sistema apresentou uma perda de 84% em relação ao valor da retrorrefletância inicial, sendo o valor de retrorrefletância residual igual a $60 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$, após os 300 dias de observação .

3.5. Há defasagem considerável entre as quatro de trilhas de rodas, conforme se observa nos gráficos de retrorrefletância.

3.6. - Nota-se que nas tintas aplicadas no pavimento flexível (CBUQ), houve uma queda nos valores de retrorrefletância aos 10 dias, seguida de uma elevação aos 30 dias, e daí em diante, um decréscimo gradativo até o final das observações.

Explica-se que ao fim de 10 dias, as microesferas que não haviam ficado adequadamente ancoradas , mas apenas retidas nas reentrâncias do pavimento saíram e os valores de retrorrefletância decresceram. Com a passagem do tráfego, houve o desgaste inicial na tinta, causando a maior exposição das

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

microesferas e os valores de retrorrefletância se elevaram. A partir daí, os valores de retrorrefletância decrescem gradualmente, sob a contínua ação do tráfego.

3.7. - Os sistemas II-A e I-B/II-A aplicados no CBUQ, faixas 12 e 11 respectivamente, apresentaram as menores perdas (60% e 58%) nos valores de retrorrefletância, ao longo do tempo de observação, sendo que os valores de retrorrefletância residual neste último sistema foram em geral, superiores aos dos outros sistemas.

3.8. - De maneira geral, o sistema que apresentou melhor desempenho, conjugando-se os valores de retrorrefletância e a perda percentual de retrorrefletância ao longo do tempo, foi o sistema I-B/II-A. Este sistema (faixa 11, CBUQ), apresentou o maior valor de retrorrefletância residual ($R_{Lr} = 120 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$), e boa retrorrefletância inicial ($R_{Li} = 290 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$), com perda percentual de 58%, ao longo do tempo.

4. - Termoplástico Extrudado

4.1. - Os valores de retrorrefletância para os termoplásticos extrudados na cor amarela foram 30% inferiores aos da tinta branca, tanto no pavimento flexível (CBUQ), quanto no pavimento de concreto (CCP).

4.2. - Os termoplásticos extrudados aplicados no CCP apresentaram soltura nas trilhas de roda mais carregadas, após os 150 primeiros dias, permanecendo apenas na pista de tráfego mais leve, o que foi traduzido graficamente como desgaste, variando de “moderado” a “severo”.

4.3. - Os termoplásticos extrudados aplicados no CBUQ apresentaram ótima resistência ao desgaste. No entanto, a superfície do pavimento em CBUQ (SPD) começou a apresentar, a partir da faixa 19, do 100º dia em diante, trincas classe 1 que evoluíram para classes 2 e 3, ao final das observações.

Tais trincas, juntamente com a ação do tráfego, foram responsáveis pela soltura em pequena porcentagem (4 a 10%) dos materiais, que foi graficamente traduzida como desgaste ("leve").

4.5. - Os valores mais altos de retrorrefletância inicial, resultaram dos sistemas onde se aplicou microesferas III-C, seguido do sistema II-A/III-C, tanto na cor branca quanto na amarela.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

4.6. - A maior retrorrefletância inicial ($R_{Li} = 320 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$) foi observada na faixa 20 (CBUQ), sistema III-C, com perda de 62 % ao final do tempo de observação. Esta faixa apresentou aos 30 dias, retrorrefletância igual a $420 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$.

4.7. – Houve defasagem considerável entre as quatro trilhas de rodas, conforme observado nos gráficos de retrorrefletância. Explica-se que estes valores são inversamente proporcionais aos valores de desgaste. Assim, nas trilhas de rodas mais carregadas, onde houve “soltura” de material, nota-se que à medida que se elevam os valores de desgaste, reduzem-se os valores de retrorrefletância.

4.8. - Nota-se que houve um nivelamento ou até uma ligeira elevação nos valores de retrorrefletância até o 30º dia em relação à retrorrefletância inicial, e uma queda gradativa e uniforme após este período. Explica-se que as esferas ficaram submersas naqueles pontos em que o material estava depositado nas reentrâncias do pavimento. Com a passagem do tráfego e desgaste inicial, estas esferas foram expostas e os valores de retrorrefletância apresentaram elevação. Daí em diante sob a contínua ação do tráfego, os valores de retrorrefletância começaram a apresentar então um decréscimo gradativo.

4.9. - O sistema III-C apresentou maiores valores de retrorrefletância inicial, quando comparados com os do sistema II-A e II-A/III-C.

4.10. – Dois sistemas apresentaram excelente desempenho (retrorrefletância x tempo):

- ◆ Sistema II-A, faixa 19-CBUQ, cuja retrorrefletância inicial foi de $R_{Li} = 220 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$ e residual $R_{Lr} = 160 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$, com perda percentual de 27% ao longo do tempo.
- ◆ Sistema II-A/III-C, faixa 21-CBUQ, cuja retrorrefletância inicial foi de $R_{Li} = 210 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$ e residual ($R_{Lr} = 130 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$), com perda percentual de 38%, ao longo do tempo.

5. - Termoplástico Aspergido

5.1. - Os valores de retrorrefletância para os termoplásticos aspergidos na cor amarela foram 30% inferiores aos da tinta branca, tanto no pavimento flexível (CBUQ) quanto no pavimento rígido (CCP).

5.2. - Os termoplásticos aspergidos aplicados no CCP apresentaram soltura intensa nas trilhas de roda mais carregadas, após os 100 primeiros dias, permanecendo apenas na pista de tráfego mais leve, o que foi traduzido graficamente como desgaste (severo).

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

5.3 - Os termoplásticos aspergidos aplicados no CBUQ apresentaram boa resistência aos desgastes. A superfície do pavimento (SPD) começou a apresentar, a partir da faixa 19, do 100º dia em diante, trincas classe 1 que evoluíram para classes 2 e 3, ao final das observações. Tais trincas, juntamente com a ação do tráfego, foram responsáveis pela soltura em pequena porcentagem (2 a 10%) dos materiais, graficamente traduzido como “desgaste” (leve), excetuando-se a faixa 32, muito afetada pelo trincamento (“desgaste severo”).

5.4.- Houve defasagem considerável entre as quatro trilhas de rodas, conforme observado nos gráficos de retrorrefletância. Explica-se que estes valores são inversamente proporcionais aos valores de desgaste. Assim, nas trilhas de rodas mais carregadas, onde houve “soltura” de material, nota-se que à medida que se elevam os valores de desgaste, reduzem-se os valores de retrorrefletância.

5.5. - Os valores mais altos de retrorrefletância inicial resultaram dos sistemas onde se aplicou microesferas III-B, tanto na cor branca quanto na amarela. A maior retrorrefletância inicial ($R_{Li} = 380$ mcd/lux⁻¹/m⁻²) foi observada na faixa 25 (CBUQ) – sistema III-B

5.7. - Nota-se que nos sistemas aplicados nos pavimentos CBUQ e CCP, houve um nivelamento ou até uma ligeira elevação nos valores de retrorrefletância até o 30º dia em relação à retrorrefletância inicial, e uma queda gradativa e uniforme após este período. Explica-se que as esferas ficaram submersas naqueles pontos em que o material estava depositado nas reentrâncias do pavimento. Com a passagem do tráfego e desgaste inicial, estas esferas foram expostas e os valores de retrorrefletância apresentaram elevação. Daí em diante sob a contínua ação do tráfego, os valores de retrorrefletância começaram a apresentar então um decréscimo gradativo.

5.8. - Os sistemas que apresentaram melhor desempenho (retrorrefletância x tempo), foram:

- ◆ Sistema II-A, faixa 22-CCP, cuja retrorrefletância inicial foi de $R_{Li} = 230$ mcd/lux⁻¹/m⁻² e residual $R_{Lr} = 90$ mcd/lux⁻¹/m⁻², com perda percentual de 60% ao longo do tempo
- ◆ Sistema II-A/III-B, faixa 27-CBUQ, cuja retrorrefletância inicial foi de $R_{Li} = 270$ mcd/lux⁻¹/m⁻² e residual $R_{Lr} = 90$ mcd/lux⁻¹/m⁻², com perda percentual de 66% ao longo do tempo de observação.

6. Conclusões

Desempenho dos materiais quanto à aderência:

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

- Em geral, os materiais aplicados em pavimento flexível (CBUQ), apresentaram melhor aderência do que aqueles aplicados no pavimento CCP. Conclui-se que quando da aplicação de materiais de demarcação viária em pavimentos rígidos, sejam eles recém construídos ou antigos, faz-se necessário a aplicação prévia do primer promotor de aderência.
- No pavimento CCP, o material que apresentou melhor desempenho, em relação à aderência, foi a tinta acrílica solvente. No pavimento CBUQ, todos os materiais apresentaram bom desempenho, em relação à aderência.

Desempenho dos materiais quanto à retrorefletividade:

- Nesta pesquisa, analisou-se os materiais de demarcação de pavimentos, sob condições secas. Pesquisas indicam que há uma queda nos valores de retrorefletância em condições de chuva ou neblina, da ordem de 50%.
- Os valores de retrorefletância observados nos sistemas onde se utilizou esferas III-B ou III-C em conjunto com as microesferas II-A em termoplásticos, não apresentaram os resultados esperados. Acredita-se que as taxas aplicadas embora usuais, foram excessivas, comprometendo o desempenho dos sistemas.
- Os valores de retrorefletância dos materiais na cor amarela, foram em média, 30% inferiores aos valores dos mesmos na cor branca, exceto nos elastoplásticos onde são idênticos.
- Independentemente da cor e do tipo de pavimento em que foram aplicados, as maiores médias para os valores de retrorefletância obtidas foram $R_L = 460 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$ (Termoplástico aspergido), $R_L = 440 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$ (Elastoplástico), $R_L = 420 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$ (Termoplástico extrudado), $R_L = 400 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$ (Tinta acrílica solvente) e $R_L = 380 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$ (Tinta acrílica água), cuja média é igual a $R_L = 420 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$.
- Em relação aos valores de retrorefletância residual obtidos, ao fim de 300 dias, os maiores valores são: $R_{Lr} = 190 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$ (Elastoplástico), $R_{Lr} = 160 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$ (Termoplástico extrudado), $R_{Lr} = 120 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$ (Termoplástico aspergido, Tinta acrílica solvente e Tinta acrílica água), cuja média é igual a $R_{Lr} = 140 \text{ mcd/lux}^{-1}/\text{m}^{-2}$.
- Os sistemas que apresentaram melhor desempenho em relação à manutenção dos valores de retrorefletância ao longo do tempo, desconsiderando-se as solturas, foram em ordem decrescente: Elastoplástico, Termoplástico Extrudado, Termoplástico Aspergido e Tintas Acrílicas (Solvente e Emulsionada em água).

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

- Em observação visual noturna, constatou-se que valores abaixo de 130 mcd/lux⁻¹/m⁻² para a cor branca e amarela, não apresentaram visibilidade satisfatória. Desaconselha-se para aplicação em rodovias sem iluminação pública, demarcações executadas com os sistemas Elastoplástico I-B e Tintas II-A (sem adição de microesferas I-B)
- Observou-se ainda, que nos materiais onde a faixa granulométrica das microesferas aplicadas é uniforme e estreita, a perda de retrorrefletância nas trilhas de roda é menor. Quanto mais aberta e contínua for a faixa granulométrica mais nítido será o distanciamento entre trilhas de rodas mais carregadas e menos carregadas, resultando em perda de retrorrefletância mais acentuada
- Observa-se que nos Elastoplásticos e Termoplásticos, os valores de retrorrefletância sofrem um acréscimo até o 30º dia (sendo os maiores valores observados aos 10 dias), e daí em diante um decréscimo gradativo. Nas Tintas, há um decréscimo aos 10 dias, seguido de um acréscimo aos 30 dias (sendo os maiores valores observados aos 30 dias), e a partir daí um decréscimo gradativo.
- Os melhores sistemas observados em relação à retrorrefletância inicial e manutenção da retrorrefletância ao longo do tempo de observação, estão descritos nos quadros a seguir:

Pavimento Flexível

Desempenho quanto à aderência: Satisfatório (Todos os materiais)

Desempenho quanto à retrorrefletância:

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| Materiais | Microesferas Tipo | R_L Inicial (mcd/lux⁻¹/m⁻²) | R_L Residual (mcd/lux⁻¹/m⁻²) | Perda de R_L (%) |
|-----------------------|------------------------------|--|---|---------------------------------------|
| Elastoplástico. | II-A | 420 | 190 | 55 |
| Term. Aspergido. | III-B | 380 | 120 | 69 |
| | II-A/III-B | 270 | 90 | 66 |
| | II-A | 230 | 90 | 60 |
| Term. Extrudado | III-C | 320 | 120 | 62 |
| | II-A/III-C | 210 | 130 | 38 |
| | II-A | 220 | 160 | 20 |
| Tinta Acril. Solvente | I-B/II-A/III-A | 350 | 90 | 74 |
| | I-B/II-A | 310 | 110 | 63 |
| Tinta Acril. Água | I-B/II-A/III-A | 340 | 100 | 70 |
| | I-B/II-A | 290 | 120 | 58 |

Pavimento Rígido

Desempenho quanto à aderência: Insatisfatório (exceto para a Tinta Acrílica Solvente)

Desempenho quanto à retrorefletância:

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| Materiais | Microesferas | R _L Inicial | R _L Residual | Perda de R _L |
|-----------------------|----------------|---|--|-------------------------|
| | Tipo | (mcd/lux ⁻¹ /m ⁻²) | mcd/lux ⁻¹ /m ⁻²) | (%) |
| Term. Aspergido. | II-A | 230 | 90 | 60 |
| Term. Extrudado | III-C | 260 | 80 | 69 |
| | II-A/III-C | 260 | 80 | 69 |
| Tinta Acril. Solvente | I-B/II-A/III-A | 400 | 70 | 82 |
| | I-B/II-A | 230 | 60 | 72 |
| Tinta Acril. Água | I-B/II-A/III-A | 380 | 60 | 84 |
| | I-B/II-A | 220 | 40 | 81 |

Os resultados de campo permitiram indicativos para os parâmetros:

- **Quanto à retrorefletância:**

O padrão de retrorefletância inicial, não deve ser menor do que 220 mcd/lux⁻¹/m⁻² para as demarcações de cor branca, nem menor do que 170 mcd/lux⁻¹/m⁻² para a cor amarela, medido entre o segundo e até o décimo dia após a liberação ao tráfego.

O padrão de retrorefletância residual, não deve ser menor do que 130 mcd/lux⁻¹/m⁻² para as demarcações de cor branca ou amarela, pois neste caso as demarcações se tornam pouco visíveis.

- **Quanto ao desgaste:**

A demarcação deverá ser refeita quando houver menos do que 75% de área remanescente, ou seja, quando:

O **Índice de Desgaste Total** for maior do que **35**, para linhas de 100 mm de largura

O **Índice de Desgaste Total** for maior do que **52**, para linhas de 150 mm de largura

Os limites acima indicam percentagem de desgaste de 25 %.

7. Referências bibliográficas

1) Pocock B. W. e Rhodes C. C., Principles of Glass Bead Reflectorization. Boletim 57, HRB, National Research Council, Whashington, D.C., 1952

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

- 2) Roadway Delineation Practices Handbook, Publication n° FHWA-SA-93-0001, 250p., Washington, DC, 1994.
- 3) Miller, T. R. - Benefit/Cost Analysis of Lane Marking, 10p., Final Report to American Glass Bead Manufacturers Association, 1991.
- 4) Reckinger, M. - The Visibility of Road Markings by Night, 16p., Potters-Ballotini Ltd., 1981.
- 5) Henry, J.J.et all – Service Life and Cost of Pavement Marking Materials, Final Report – Contract n° HR 416, The Pennsylvania Transportation Institute, 1989
- 6) Nicholls, J.C., Laboratory Testing of Road–Marking Materials, Report 121, Transport Research Laboratory, 1995
- 7) Attaway, R.W.; Adeleke – Sheidun, P.O. – Pavement Markings Material Program; Research report: FHWA/NC/89-005, 1990
- 8) Catálogo de Normas ABNT - Comissão de Estudos de Marcas Viárias (CE:16:06:02), Sub-Comitê Brasileiro de Transporte e Tráfego (SCB:16:06), SP, 1994.
- 9) Ritter, J.R. - Glass Beads For Highway Paint Stripes, 334p., Report n° FHWA-TS-78-213, Washington, DC, 1978

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

A N E X O I

**PROCESSOS DE AVALIAÇÃO E PARÂMETROS DE
RETROREFLETÂNCIA E DESGASTE**

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE RETRORREFLETÂNCIA
EM DEMARCAÇÕES VIÁRIAS**

O procedimento para avaliação de retrorrefletância em demarcações viárias, deverá ser realizado conforme os critérios abaixo dispostos:

1. - Critérios de avaliação inicial

1.1. - Padrão de retrorrefletância inicial

O padrão de retrorrefletância inicial ou padrão de referência, será representado pela média aritmética das medidas de retrorrefletância, efetuada nos primeiros 10 Km de demarcação, para cada tipo de material (tintas, termoplásticos ou elastoplásticos) e cor, e também para dizeres e símbolos, e deverá ser maior do que o mínimo inicial especificado em Contrato.

Será obtido a partir das leituras, tomadas **48 horas** após a aplicação.

Deverá ser feita uma varrição no local de leitura, para remoção do eventual excesso de microesferas.

1.2. - Avaliação inicial dos serviços

As medidas para aceitação dos serviços, deverão ser feitas até **10 dias** após a aplicação, estando o pavimento limpo e seco.

Os segmentos demarcados que apresentarem médias inferiores a 80% do padrão inicial de referência serão rejeitados e deverão ser imediatamente refeitos. Nova campanha de medição de retrorrefletância deverá ser então efetuada, obedecendo-se os mesmos critérios anteriores

2. - Critérios de avaliação dos serviços

2.1. - Padrão de retrorrefletância residual

O padrão de retrorrefletância residual, será representado pela média das medidas de retrorrefletância efetuada nos segmentos demarcados, para tipo de material e cor e também para dizeres e símbolos, e deverá ser maior do que o mínimo residual especificado em Contrato.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

2.2. – Avaliação dos serviços

As avaliações deverão ser periódicas e deverão ser realizadas num intervalo de no máximo seis meses, a contar da data de aplicação. O Contratado deverá ser notificado, no mínimo, trinta dias antes do início da campanha, e deverá indicar um representante para acompanhamento das medições.

3. – Procedimento para avaliação

A via será dividida em segmentos de 10 Km, onde em cada segmento, serão escolhidas aleatoriamente três estações de testes, por linha de demarcação

Em cada estação serão realizadas três leituras de retrorrefletância, distando 50 cm entre si e tomadas no bordo esquerdo, eixo e bordo direito, totalizando nove leituras.

Serão desprezadas a maior e a menor leitura, de um total de nove, efetuadas por linha de demarcação, por segmento. O valor da retrorrefletância, será a média aritmética das sete leituras restantes.

Se o valor da retrorrefletância média do segmento estiver abaixo do padrão de retrorrefletância inicial ou abaixo do padrão de retrorrefletância residual, realizar-se-á uma contra-prova que consistirá dos seguintes passos:

- o segmento de 10 Km será subdividido em 10 unidades de 1 Km cada;
- em cada unidade serão efetuadas três leituras por linha de demarcação, adotando-se a média aritmética das medidas como o valor característico de cada unidade;
- a linha de demarcação será aceita se 90% das médias obtidas estiverem acima do padrão em questão.

Em se tratando de dizeres e símbolos, far-se-ão três medidas aleatoriamente ao longo dos mesmos, calculando-se a média aritmética dos valores obtidos

As leituras serão realizadas com retrorrefletômetro que tenha ângulo de entrada de 86,5° e ângulo de observação de 1,5°, tipo MIROLUX 12 ou similar. O equipamento deverá estar calibrado e será operado de acordo com instruções fornecidas pelo fabricante. Deve vir acompanhado de placa padrão para calibragem, nas cores branca e preta, e dispositivo protetor (“saia de espuma”) com a finalidade de evitar a entrada de luz

Os segmentos sob avaliação deverão ser sinalizados, às expensas da Contratada, de acordo com as normas e padrões de segurança viária, de forma a manter a integridade da equipe de campo e dos usuários da via.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

As avaliações não poderão ser realizadas sob condições de chuva ou umidade.

4. - Rejeição

A demarcação que for rejeitada quanto à retrorrefletância, deve ser refeita tão logo seja recebida ordem de serviço para tal.

Segmentos que apresentem falhas significativas a olho nu, devem ser submetidos imediatamente às avaliações, mesmo fora do prazo previsto

A ordem de serviço deve ser providenciada dentro de uma semana a contar das avaliações de campo ou imediatamente após ser identificada qualquer falha significativa num segmento.

Elaborado por: Eng^a Selma Schwab (Mestranda em Engenharia de Materiais)

Eng^o César Rodrigues (Especialista em Pavimentação Rodoviária)

Belo Horizonte, 1998

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE DESGASTE
EM DEMARCAÇÕES VIÁRIAS**

1. – Procedimento para avaliação

A via será dividida em segmentos de 10 Km, onde em cada segmento, serão escolhidas aleatoriamente três estações de testes, por linha de demarcação

Em cada estação será realizada uma leitura de desgaste, tomadas no bordo esquerdo, eixo e bordo direito, totalizando três leituras.

O valor do desgaste, será a média aritmética das três leituras tomadas em cada linha de demarcação.

Se o valor do desgaste no segmento estiver abaixo do padrão de aceitação, realizar-se-á uma contra-prova que consistirá dos seguintes passos:

- o segmento de 10 Km será subdividido em 5 unidades de 2 Km cada;
- em cada unidade será efetuada uma leitura, totalizando cinco leituras numa linha de demarcação;
- adotar-se-á a média aritmética das medidas como o valor característico do segmento;
- a linha de demarcação será aceita se a média obtida estiver acima do padrão de aceitação.

As leituras serão realizadas com grelha padronizada conforme desenho em anexo, confeccionada em acetato ou qualquer outro material resistente e transparente, que permita executar convenientemente as medidas

As avaliações deverão ser periódicas e deverão ser realizadas, no mínimo, a cada ano.

Os segmentos sob avaliação deverão ser sinalizados, às expensas da Contratada, de acordo com as normas e padrões de segurança viária, de forma a manter a integridade da equipe de campo e dos usuários da via

2. - Rejeição

A demarcação que for rejeitada quanto ao desgaste, deve ser refeita tão logo seja recebida ordem de serviço para tal.

Segmentos que apresentem falhas significativas a olho nu, devem ser submetidos imediatamente às avaliações, mesmo fora do prazo previsto.

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

A ordem de serviço deve ser providenciada dentro de uma semana a contar das avaliações de campo ou imediatamente após ser identificada qualquer falha significativa num segmento.

3. – Metodologia

A metodologia de avaliação de desgaste em demarcações viárias deverá ser realizada, conforme os parâmetros estabelecidos por Road Marking Industry Group (RMIG) / Road Marking Manufacturers and Contractors Association (RMMCA) – United States of America, abaixo descritos:

3.1. - Certifique-se de que a superfície a ser avaliada esteja limpa.

3.2. - Coloque a grelha sobre a linha de demarcação, conforme sua largura – **0 a 100** para linhas demarcadas com 100mm de largura e, **0 a 150** para linhas com 150 mm. de largura.

3.3. – Verifique a superfície de área visível da demarcação dentro de cada um dos 50 quadrados da grelha (A1 a C10), entre os valores de 250 a 750, inscritos no rodapé da mesma.

3.4 – Verifique a percentagem de demarcação visível dentro de cada um dos 50 quadrados da grelha (A1 a B10, para linhas de 100mm de largura e A1 a C10, para linhas de 150 mm de largura).

3.5. – Classifique cada um dos 50 quadrados (A1, A2, etc.) em A, B, C ou D. Anote o número correspondente na coluna referente ao **Número de quadrados** da tabela em anexo. As classificações deverão totalizar ,ao final, 20 quadrados (100 mm) ou 30 quadrados (150 mm).

3.6. – Multiplique o número de quadrados em cada classificação pelo fator de peso dado. Some-os para obter o valor de **Índice de Desgaste Total**.

As linhas de demarcação deverão ser refeitas quando o **Índice de Desgaste Total** obtido, for maior do que o valor especificado em Contrato.

3.7. – O Índice de Desgaste Total (IDT) pode ser correlacionado com o Percentual de Área Desgastada, através da utilização das expressões 1 e 2:

Expressão 1:

$$\% \text{ Área Desgastada} / 10 = (\text{IDT} - 20) / 6 \Rightarrow \text{para linhas demarcadas com 10 cm de largura}$$

Expressão 2:

$$\% \text{ Área Desgastada} / 10 = (\text{IDT} - 30) / 9 \Rightarrow \text{para linhas demarcadas com 15 cm de largura}$$

Elaborado por: Eng^a Selma Schwab (Mestranda em Engenharia de Materiais) e Eng^o César Rodrigues (Especialista em Pavimentação Rodoviária),
Belo Horizonte, 1998

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

FICHA PARA AVALIAÇÃO DE DESGASTE EM DEMARCAÇÃO VIÁRIA

Local:.....

Data:.....

Nome do Responsável:.....

TABELA DE ÍNDICE DE DESGASTE

(Linhas de demarcação com largura de 100mm e 150 mm)

| Classificação | Área de Demarcação Remanescente | Número de Quadrados | Fator de Peso | Índice de Desgaste |
|----------------------|--|----------------------------|----------------------|---------------------------|
| A | Maior ou igual a 75% | | × 1 | |
| B | Maior ou igual a 50% e menor do que 75% | | × 2 | |
| C | Maior ou igual a 25% e menor do que 50% | | × 3 | |
| D | Menor do que 25% | | × 4 | |
| | TOTAL | | TOTAL | |

Resultado:.....

Nota: As linhas de demarcação deverão ser refeitas quando:

O **Índice de Desgaste Total** for maior do que **35**, para linhas de 100 mm de largura

O **Índice de Desgaste Total** for maior do que **52**, para linhas de 150 mm de largura

A área desgastada for maior do que 25% da área demarcada

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

A N E X O II

NORMAS ABNT

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

ABNT NBR 6832

SINALIZAÇÃO HORIZONTAL VIÁRIA – MICROESFERAS DE VIDRO

VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE REFRAÇÃO

1. Objetivo

Esta norma fixa o método para verificação em laboratório do índice de refração das microesferas de vidro para sinalização horizontal.

2. Aparelhagem e Materiais

A aparelhagem e materiais necessários ao ensaio são os seguintes:

3.1 Aparelhagem

- a) microscópio com aumento de 50 e 100 vezes, com fecho de luz branca
- d) vidros de relógio com diâmetros de 5 a 10 cm

3.2. Materiais

- a) Bateria de líquidos com índices de refração entre 1,50 e 1,55, constituída pela mistura de
 - (1) aldeído cinâmico–10,0ml x trietanolamina–10,0ml, equivalente ao IR de 1,55
 - (2) aldeído cinâmico – 8,2ml x trietanolamina – 11,8ml, equivalente ao IR de 1,54
 - (3) aldeído cinâmico – 7,7ml x trietanolamina – 12,3ml, equivalente ao IR de 1,53
 - (4) aldeído cinâmico – 6,7ml x trietanolamina – 13,3ml, equivalente ao IR de 1,52
 - (5) aldeído cinâmico – 5,0ml x trietanolamina – 15,0ml, equivalente ao IR de 1,51
 - (6) aldeído cinâmico – 4,0ml x trietanolamina – 16,0ml, equivalente ao IR de 1,50

3. Execução

3.1. Colocar cerca de 1 g. a 2g. da amostra no vidro de relógio limpo, evitando a superposição das microesferas

3.2. Cobrir as microesferas com o líquido de índice de refração conhecido, à temperatura de 25°C. Examinar o conjunto ao microscópio, com aumento de:

50 x: para microesferas tipo II-A, III-A, III-B e III-C

100 x: para microesferas tipo I-A e I-B

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Nota: Todo objeto transparente ou translúcido, quando imerso em um líquido, produz uma imagem ao microscópio, que é delimitada por uma sombra escura ou halo

O índice de refração destas partículas aproxima-se do índice de refração do líquido no qual estão imersas, quando a sombra e o halo se aproximam, e é igual ao do líquido, quando a sombra e o halo se coincidem e se superpõem

Quando as partículas sólidas têm índice de refração maior do que o do líquido, seus contornos são bem definidos, com halos ou delimitações de luz, por faixas pretas ou escuras. Movendo-se a objetiva do microscópio a luz parece mover-se no interior ou centro das partículas

Se as partículas sólidas têm índice de refração menor do que o do líquido, seus contornos são fracos e os halos de luz ficam exteriores às faixas pretas ou escuras. Movendo-se a objetiva do microscópio a luz parece mover-se fora ou externamente ao centro das partículas

Se as partículas sólidas têm índice de refração igual ao do líquido, o contorno escurecido e o halo luminoso coincidem e se superpõem.

4. Resultado

O resultado é representado pelo índice de refração do líquido, com o índice conhecido, que permitiu a superposição do contorno escurecido com o halo luminoso.

Não havendo tal superposição o valor deve ser numericamente expresso em termos de maior ou menor do que o líquido limite.

Proposição de Revisão: Eng^a Selma Schwab (Mestranda em Engenharia de Materiais)

Eng^o Vitor José Pinto Gouveia (Mestre em Química Analítica)

Alterações Propostas: Grafia em azul

Belo Horizonte, 1998

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

ABNT NBR 12037

TINTAS PARA SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

DETERMINAÇÃO DO SANGRAMENTO

1. Objetivo

Esta norma prescreve o método de determinação do sangramento de tintas para sinalização horizontal.

2. Definição

Para os efeitos desta Norma, aplica-se a seguinte definição de 2.1.

2.1. Sangramento

É a migração do asfalto provocada pela ação do solvente integrante da tinta, quando aplicada em corpos de prova e que promove mudança perceptível de cor na tinta

3. Aparelhagem e Materiais

A aparelhagem e materiais necessários ao ensaio são os seguintes:

3.1 Aparelhagem

- a) espátula de aço com cabo de madeira e 20 mm de largura de lâmina;
- b) extensor de tinta para espessura de película úmida de 0,38 mm;
- c) tabuleiro de metal de 200 mm x 200 mm x 6 mm, com borda de 10 mm de largura e 2 mm de espessura;
- d) espátula betumadeira flexível, com cabo de madeira de 100 mm de comprimento;
- e) fita adesiva transparente, com largura mínima de 250 mm;
- f) copo de Béquer com capacidade de 100ml;
- g) tripé;
- h) dispositivo de aquecimento para até 200° C;
- i) cápsula de porcelana de ϕ 110 mm;
- j) tela de amianto;
- k) estufa capaz de manter a temperatura de até 200° C;

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

l) termômetro graduado de 0 a 200° C; sensível a 1 ° C

m) bagueete de vidro

3.2. Materiais:

a) cimento asfáltico de petróleo tipo 20;

b) filler silícico ou calcáreo, que atendam a seguinte granulometria:

| Peneira | % mínima passando |
|----------------|--------------------------|
| n° 40 | 100 |
| n° 80 | 95 |
| n° 200 | 65 |

4. Execução

4.1 Preparo do Tabuleiro

4.1.1. Colocar o tabuleiro limpo na estufa à temperatura de $(155 \pm 2)^\circ \text{C}$, durante 15 min.

4.1.2. Pesar 30 g de cimento asfáltico de petróleo tipo 20, **pré-aquecido**

4.1.3. Pesar 30 g de filler

4.1.4. Colocar o cimento asfáltico e o filler na cápsula de porcelana, aquecendo-a até $(155 \pm 2)^\circ \text{C}$

4.1.5. Retirar o tabuleiro da estufa, colocando-o sobre uma superfície horizontal. Despejar a partir do seu centro a mistura betuminosa . Com o auxílio da cápsula betumadeira, espalhar a mistura betuminosa, de forma a obter uma camada com superfície plana e lisa.

4.1.6. Deixar esfriar, curar durante no mínimo três dias e utilizá-la no período máximo de 20 dias.

4.2 Ensaio

4.2.1. Cortar duas tiras de fita adesiva de 25 mm x 200 mm

4.2.2. Colocar cuidadosamente uma tira da fita adesiva a 50 mm da borda esquerda e outra a 50 mm da borda direita, paralelamente às bordas do tabuleiro. Esta operação deve ser feita de forma a não permitir que as tiras penetrem na camada betuminosa.

4.2.3. Com o auxílio da espátula de madeira, misturar perfeitamente a tinta a ser ensaiada até sua perfeita homogeneização. (Obs.:A tinta não deve conter microesferas de vidro)

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

4.2.4 Aplicar a tinta com o extensor, de forma que esta se sobreponha a uma das tiras. O extensor deve correr livremente sobre as superfícies, deixando uma película de tinta de largura e espessura uniformes, que deve cobrir parte da fita adesiva, deixando o restante á direita da fita em contato direto com a superfície betuminosa.

4.2.5 Manter o tabuleiro em posição horizontal, ao abrigo de pó, em temperatura ambiente (25 ± 5)° C.

5. Resultado

5.1 Imediatamente após 24 h. de secagem, observar o contraste de cor entre a posição da película sobre a fita e aquela em contato direto com a superfície betuminosa.

5.2 A tinta é considerada satisfatória caso não apresente mudança de cor ou afloramento de asfalto.

Proposição de Revisão: Eng^a Selma Schwab (Mestranda em Engenharia de Materiais)
Eng^o César Rodrigues (Especialista em Pavimentação Rodoviária)
Alterações Propostas: Grafia em azul

Belo Horizonte, 1998

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

A N E X O III

PAPER:

TAXA DE APLICAÇÃO DE MICROESFERAS DE VIDRO
EM TINTAS DE DEMARCAÇÃO VIÁRIA

X

RETROREFLETÂNCIA INICIAL OBTIDA

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

A N E X O V

DADOS COLETADOS EM LABORATÓRIO

**RESULTADOS OBTIDOS NA DETERMINAÇÃO DAS ROTAÇÕES DO
EQUIPAMENTO APLICADOR DE MICROESFERAS DE VIDRO**

A N E X O V

DADOS COLETADOS EM LABORATÓRIO

**RESULTADOS OBTIDOS NA DETERMINAÇÃO DAS ROTAÇÕES DO EQUIPAMENTO
APLICADOR DE MICROESFERAS DE VIDRO**

| | (2) | (3) | (4) | OBS |
|--|-----|-----|-----|-----|
|--|-----|-----|-----|-----|

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| Rotação do motor (adimensional) | Peso da microesfera (g.) | Área do recipiente (m²) | Taxa de microesferas (g/m²) | |
|--|---------------------------------|---|---|-------------------------------|
| 1000 | 16,6 | 0,0205 | 809,7 | (4) = (2) ÷ (3) |
| 1000 | 16,3 | 0,0205 | 795,1 | |
| 1000 | 16,1 | 0,0205 | 785,3 | |
| 1000 | 16,2 | 0,0205 | 790,2 | |
| 700 | 10,5 | 0,0205 | 512,1 | |
| 680 | 10,2 | 0,0205 | 497,5 | |
| 685 | 10,5 | 0,0205 | 512,1 | |
| 675 | 10,3 | 0,0205 | 502,4 | |
| 675 | 10,0 | 0,0205 | 487,8 | |
| 680 | 10,2 | 0,0205 | 497,5 | |
| 680 | 10,0 | 0,0205 | 487,8 | |
| 683 | 10,3 | 0,0205 | 502,4 | |
| 683 | 10,4 | 0,0205 | 507,3 | |
| 683 | 10,2 | 0,0205 | 497,5 | $\bar{X} = 501,2 \cong 500,0$ |
| 683 | 10,2 | 0,0205 | 497,5 | |
| 600 | 9,2 | 0,0205 | 448,7 | |
| 580 | 8,6 | 0,0205 | 419,5 | |
| 570 | 8,1 | 0,0205 | 395,1 | |
| 575 | 8,3 | 0,0205 | 404,8 | |
| 575 | 8,4 | 0,0205 | 409,7 | |
| 573 | 8,2 | 0,0205 | 400,0 | |
| 573 | 8,3 | 0,0205 | 404,8 | |
| 462 | 6,3 | 0,0205 | 307,3 | |
| 458 | 6,2 | 0,0205 | 302,4 | |
| 455 | 6,1 | 0,0205 | 297,5 | |
| 573 | 8,3 | 0,0205 | 404,8 | $\bar{X} = 402,4 \cong 400,0$ |
| 573 | 8,2 | 0,0205 | 400,0 | |
| 463 | 6,3 | 0,0205 | 307,3 | |
| 455 | 6,2 | 0,0205 | 302,4 | |
| 455 | 6,3 | 0,0205 | 307,3 | $\bar{X} = 302,4 \cong 300,0$ |
| 455 | 6,2 | 0,0205 | 302,4 | |
| 345 | 4,5 | 0,0205 | 219,5 | |
| 343 | 4,4 | 0,0205 | 214,6 | |

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| | | | | |
|------------|-------------|---------------|--------------|-------------------------------|
| 343 | 4,5 | 0,0205 | 219,5 | |
| 330 | 4,5 | 0,0205 | 219,5 | |
| 320 | 4,6 | 0,0205 | 224,3 | |
| 310 | 4,4 | 0,0205 | 214,6 | |
| 300 | 4,1 | 0,0205 | 200,0 | |
| 300 | 4,0 | 0,0205 | 200,0 | |
| 300 | 4,1 | 0,0205 | 195,1 | $\bar{X} = 197,6 \cong 200,0$ |
| 300 | 4,0 | 0,0205 | 200,0 | |
| 305 | 4,4 | 0,0205 | 195,1 | |
| 302 | 4,5 | 0,0205 | 214,6 | |
| 302 | 4,5 | 0,0205 | 319,5 | |
| 750 | 11,1 | 0,0205 | 541,4 | |
| 850 | 12,9 | 0,0205 | 629,2 | |
| 820 | 12,4 | 0,0205 | 604,8 | |
| 817 | 12,4 | 0,0205 | 604,8 | |
| 813 | 12,2 | 0,0205 | 595,1 | |
| 813 | 12,4 | 0,0205 | 604,8 | |
| 813 | 12,3 | 0,0205 | 600,0 | $\bar{X} = 599,9 \cong 600,0$ |
| 813 | 12,3 | 0,0205 | 600,0 | |
| 167 | 2,0 | 0,0205 | 97,6 | |
| 167 | 2,1 | 0,0205 | 102,1 | |
| 167 | 2,1 | 0,0205 | 102,4 | $X = 102 \cong 100,0$ |
| 167 | 2,1 | 0,0205 | 102,4 | |
| 514 | 7,1 | 0,0205 | 346 | |
| 515 | 7,1 | 0,0205 | 346 | |
| 516 | 7,1 | 0,0205 | 346 | |
| 530 | 7,2 | 0,0205 | 351 | |
| 530 | 7,1 | 0,0205 | 346 | |
| 530 | 7,2 | 0,0205 | 351 | $X = 349,7 \cong 350,0$ |
| 530 | 7,2 | 0,0205 | 351 | |
| 950 | 13,7 | 0,0205 | 668 | |
| 950 | 14,0 | 0,0205 | 682 | |
| 980 | 14,6 | 0,0205 | 712 | |
| 965 | 14,4 | 0,0205 | 702 | |
| 961 | 14,3 | 0,0205 | 697 | |
| 964 | 14,4 | 0,0205 | 702 | |
| 964 | 14,5 | 0,0205 | 707 | |

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| | | | | |
|-----|------|--------|-----|------------------------|
| 964 | 14,4 | 0,0205 | 702 | X= 704,5 \cong 700,0 |
| 964 | 14,5 | 0,0205 | 707 | |

Resumidamente, os resultados acima podem ser apresentados da seguinte forma:

QUADRO RESUMO

| Rotação do motor (Adimensional) | Taxas de microesferas (g/m²) |
|--|--|
| 167 | 100 |
| 300 | 200 |
| 370 | 250 |
| 455 | 300 |
| 530 | 350 |
| 573 | 400 |
| 683 | 500 |
| 813 | 600 |
| 964 | 700 |

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

A N E X O VIII

DADOS COLETADOS EM LABORATÓRIO

**RESULTADOS OBTIDOS NA MEDIÇÃO DA RETRORREFLETÂNCIA INICIAL
DAS PLACAS AMOSTRAIS**

A N E X O VIII

DADOS COLETADOS EM LABORATÓRIO

**RESULTADOS OBTIDOS NA MEDIÇÃO DA RETRORREFLETÂNCIA INICIAL DAS PLACAS
AMOSTRAIS**

| Placa Amostral nº | Taxa de esferas (g/m²) | Retrorrefletância inicial (mcd/lux/m²) | | | | Σ(1 a 12) |
|--------------------------|--|--|-----|-----|-----|------------------|
| XIX | 100 | 132 | 110 | 139 | 113 | 109 |
| XX | 100 | 93 | 112 | 120 | 91 | |
| XXI | 100 | 99 | 109 | 112 | 80 | |
| I | 200 | 139 | 146 | 187 | 128 | 147 |

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

| | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| II | 200 | 176 | 151 | 165 | 117 | |
| III | 200 | 169 | 136 | 132 | 113 | |
| XXV | 250 | 269 | 280 | 292 | 223 | 298 |
| XXVI | 250 | 351 | 336 | 330 | 326 | |
| XXVII | 250 | 322 | 295 | 299 | 252 | 256 |
| IV | 300 | 278 | 276 | 267 | 302 | |
| V | 300 | 259 | 285 | 292 | 288 | |
| VI | 300 | 215 | 199 | 229 | 183 | 205 |
| XVI | 350 | 200 | 171 | 240 | 203 | |
| XVII | 350 | 202 | 152 | 177 | 173 | |
| XVIII | 350 | 242 | 229 | 221 | 248 | 159 |
| VII | 400 | 156 | 158 | 140 | 183 | |
| VIII | 400 | 153 | 170 | 175 | 193 | |
| IX | 400 | 137 | 178 | 140 | 129 | 146 |
| X | 500 | 145 | 154 | 183 | 165 | |
| XI | 500 | 136 | 126 | 146 | 130 | |
| XII | 500 | 133 | 139 | 140 | 155 | 120 |
| XIII | 600 | 106 | 105 | 106 | 109 | |
| XIV | 600 | 139 | 115 | 115 | 157 | |
| XV | 600 | 112 | 145 | 117 | 110 | 103 |
| XXII | 700 | 111 | 114 | 111 | 119 | |
| XXIII | 700 | 105 | 100 | 99 | 104 | |
| XXIV | 700 | 94 | 92 | 94 | 94 | |