

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

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

**Autor: Fernando Augusto Baptistini Pestana**

**Orientador: Prof. Dr. Cassio Eduardo Lima de Paiva**

Dissertação de Mestrado apresentada à  
Comissão de pós-graduação da Faculdade de  
Engenharia Civil da Universidade Estadual de  
Campinas, como parte dos requisitos para a  
obtenção do título de Mestre em Engenharia  
Civil, na área de concentração de Transportes.

200306792

Campinas, SP  
2002

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

Atesto que esta é a versão definitiva  
da dissertação/tese. 09/12/02  
Prof. Dr. *Cassio Eduardo Lima de Paiva*  
Matrícula: 24568-2

UNIDADE DC  
Nº CHAMADA UNICAMP  
P439p  
V \_\_\_\_\_ EX \_\_\_\_\_  
TOMBO BC/ 52525  
PROC 16-124/03  
C \_\_\_\_\_  
PREÇO 2911,00  
DATA 13/03/02  
Nº CPD \_\_\_\_\_

CM00180488-B

16-124/03

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

P439p Pestana, Fernando Augusto Baptistini  
A pintura horizontal a frio de vias urbanas em cidades de médio e pequeno porte: materiais, execução e controle.--Campinas, SP: [s.n.], 2002.

Orientador: Cássio Eduardo Lima de Paiva.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Transito – Sinais e sinalização. 2. Transito urbano.  
3. Engenharia municipal. I. Paiva, Cássio Eduardo Lima de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

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

Fernando Augusto Baptistini Pestana

Disertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Cassio Eduardo Lima de Paiva  
Presidente e Orientador / FEC-UNICAMP



Prof. Dra. Liedí Legi Bariani Ferracci  
EP -USP



Prof. Dr. Carlos Alberto Bandeira Guimarães  
FEC-UNICAMP

Campinas, 31 de Julho de 2002

## Dedicatória

*Ao meu pai Antonio, minha mãe Alzira, minha esposa Márcia e meus filhos Laura e Gustavo por serem a razão de minha existência.*

## Agradecimentos

- Ao Prof. Dr. Cassio Eduardo Lima de Paiva, que, mais do que um orientador, tornou-se um grande amigo.
- A Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Maria Teresa Françoso, pela amizade.
- Ao Exmo Sr. Prefeito Municipal Antonio Dirceu Dalben que me proporcionou a oportunidade de desenvolver este trabalho no município de Sumaré-SP.
- Ao meu amigo Marcos César Arone pelo auxílio neste trabalho.
- A funcionária da pós-graduação, Paula por sua dedicação e competência.
- Aos colegas de p s-graduação - em especial, Egberto e Gustavo, pelo companheirismo e amizade.
- Ao meu amigo Altair Martinelli pelo auxílio no desenvolvimento em campo do experimento proposto.
- Ao Eng<sup>o</sup> Jorge Manuel Ribeiro Mendes Capela e   Química  urea Renata Rangel pelas informações prestadas.

## SUMÁRIO

	LISTA DE FIGURAS.....	vii
	LISTA DE TABELAS.....	ix
	LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
	RESUMO.....	xiii
	<i>ABSTRACT</i> .....	xiv
1	INTRODUÇÃO.....	01
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	01
1.2	OBJETIVOS.....	05
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	06
2	SINALIZAÇÃO VIÁRIA.....	07
3	MATERIAIS EMPREGADOS EM SINALIZAÇÃO HORIZONTAL.....	22
3.1	TIPOS DE MATERIAIS EMPREGADOS EM SINALIZAÇÃO HORIZONTAL.....	22
3.2	MATERIAIS UTILIZADOS EM PINTURAS A FRIO.....	26
3.2.1	Tintas, seus componentes, funções e características.....	26
3.2.2	Microesferas de vidro.....	40
4	MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE PINTURA E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	51
5	ESPECIFICAÇÕES PARA CONTROLE DE MATERIAIS E SERVIÇOS DE SINALIZAÇÃO HORIZONTAL.....	56
5.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	57
5.2	ESPECIFICAÇÕES DE ORGANISMOS RODOVIÁRIOS NACIONAIS.....	57
5.3	ESPECIFICAÇÕES DE ORGANISMOS MUNICIPAIS NACIONAIS.....	60
5.4	ESPECIFICAÇÕES PROPOSTAS POR FABRICANTES DE TINTAS NACIONAIS.....	63

5.5	ESPECIFICAÇÕES DE ORGANISMOS ESTRANGEIROS.....	64
5.6	ANÁLISE CRÍTICA DAS ESPECIFICAÇÕES PESQUISADAS.....	71
6	CONTROLE DE MATERIAIS E SERVIÇOS EM SINALIZAÇÃO HORIZONTAL PELO PROCESSO A FRIO.....	74
6.1	MÉTODOS DE CONTROLE QUALITATIVO E QUANTITATIVO DE MATERIAIS.....	74
6.2	MÉTODOS DE CONTROLE DE ESPESSURA DA PELÍCULA.....	77
7	EXPERIMENTO PARA APLICAÇÃO DA ESPECIFICAÇÃO PROPOSTA	87
8	ANÁLISE DOS RESULTADOS DO EXPERIMENTO.....	92
9	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	98
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
11	BIBLIOGRAFIA DE APOIO.....	107
	APÊNDICES.....	108

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Descrição</b>	<b>Pág.</b>
2.1	Linhas de divisão de fluxos opostos.....	09
2.2	Linhas de divisão de fluxo.....	10
2.3	Linhas de bordo.....	10
2.4	Linhas de continuidade.....	11
2.5	Linhas de retenção.....	12
2.6	Linhas de estímulo à redução de velocidade.....	12
2.7	Faixas de travessia de pedestres.....	13
2.8	Marcação de cruzamentos rodocicloviários.....	14
2.9	Marcas de canalização.....	14
2.10	Linhas de indicação de proibição de estacionamento e/ou parada.....	15
2.11	Marcação de área reservada para parada de veículos específicos.....	15
2.12	Marcação de áreas de estacionamento regulamentado ao longo da via.....	16
2.13	Marcação de estacionamento em áreas isoladas.....	17
2.14	Setas direcionais.....	18
2.15	Símbolos.....	19
2.16	Legendas.....	19
3.1	Interação da luz com um filme pigmentado.....	28
3.2	Reflexão da luz a partir de pigmentos.....	29
3.3	Retrorefletividade.....	41
3.4	Ausência da retrorefletividade.....	41
3.5	Dispersão da luz devido a não-esfericidade da microesfera.....	44

3.6	Microesfera com aproximadamente 50% de ancoragem no filme de tinta.....	48
3.7	Reflexão especular.....	49
4.1	Máquina de pequeno porte, deslocamento manual – deslocamento manual....	52
4.2	Máquina de pequeno porte, autopropelida – processo pneumático.....	53
4.3	Máquina de grande porte – processo pneumático.....	54
4.4	Máquina de grande porte – processo <i>air less</i> .....	54
4.5	Máquina de grande porte montada sobre chassi de caminhão .....	55
6.1	Medidor em degraus.....	78
6.2	Medidor <i>interchemical</i> .....	79
6.3	Balança.....	80
6.4	Micrômetro.....	81
6.5	Medidor de 3 pés.....	81
6.6	Relógio comparador.....	82
6.7	<i>Tooke</i> .....	83
6.8	Ímã permanente.....	84
6.9	Aparelho magnético.....	84
6.10	Medidor de corrente de fuga.....	85
7.1	Corpo de prova com pontos marcados. Dimensões em milímetros.....	90
7.2	Corpo de prova em alumínio utilizado no experimento.....	91

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráficos</b>	<b>Descrição</b>	<b>Pág.</b>
8.1	Velocidade média do equipamento durante o experimento.....	95
8.2	Espessuras obtidas no experimento.....	96

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabelas</b>	<b>Descrição</b>	<b>Pág.</b>
2.1	Dimensões recomendadas pelo CTB para linhas de bordo e linhas de continuidade.....	11
2.2	Resumo das dimensões permitidas pelo CTB para os diversos tipos de marcas longitudinais.....	11
2.3	Larguras mínimas e máximas permitidas pelo CTB para linhas de retenção e linhas de estímulo à redução de velocidade.....	13
2.4	Dados referentes a faixas de travessia de pedestres segundo o CTB.....	13
2.5	Larguras mínimas e máximas para a execução de linhas de indicação de proibição de estacionamento e/ou parada e marcação de área reservada para parada de veículos específicos segundo o CTB.....	16
2.6	Critérios para dimensionamento de áreas de estacionamento regulamentado ao longo da via.....	16
2.7	Critérios para dimensionamento de setas direcionais para veículos e pedestres.....	18
3.1	Tabela comparativa entre os diversos tipos de sinalizações horizontais para um VDM constante e mesmas características e condições de tráfego.....	24
3.2	Compatibilidade entre diferentes materiais de sinalização horizontal.....	25
3.3	Propriedades típicas do dióxido de titânio – pigmento.....	31
3.4	Índice de refração e refletividade de alguns pigmentos brancos.....	31
3.5	Faixas características de composição dos cromatos de chumbo.....	32
3.6	Requisitos qualitativos para tintas à base de resina acrílica para sinalização	

	horizontal.....	38
3.7	Faixas granulométricas das microesferas conforme NBR6827.....	43
3.8	Conjuntos de requisitos exigidos para garantia da qualidade das microesferas de vidro conforme NBR-11862.....	45
3.9	Comparativo entre as diversas especificações de órgãos públicos nacionais e fabricantes de tintas.....	47
5.1	Durabilidade da pintura em função do material e do volume de tráfego.....	58
5.2	Durabilidade da pintura em função da espessura de películas úmidas e do volume de tráfego.....	58
5.3	Quadro comparativo entre os tipos de tintas e seus respectivos VDMs para vias urbanas, considerando-se uma espessura fixa de película úmida.....	59
8.1	Dados do experimento.....	97
	APÊNDICES	108
I.1	Apêndice I - Comparativo entre diversos requisitos quantitativos de tintas à base de resina acrílica.....	I.1
II.1	Apêndice II - Tabela demonstrativa das cores básicas e intermediárias.....	II.7
II.2	Apêndice II – Tabela demonstrativa da refletância.....	II.7
III.1	Apêndice III – Requisitos quantitativos de tintas para vias de municípios de pequeno e médio porte.....	III.4
III.2	Apêndice III – Requisitos qualitativos de tintas para vias de municípios de pequeno e médio porte.....	III.5
III.3	Apêndice III – Métodos de ensaio utilizados para a averiguação dos requisitos quantitativos de tintas para municípios de pequeno e médio porte.	III.6
III.4	Apêndice III –: Métodos de ensaio utilizados para a averiguação dos requisitos qualitativos de tintas para municípios de pequeno e médio porte.	III.6
III.5	Apêndice III – Métodos de ensaio auxiliares utilizados para a averiguação dos requisitos quantitativos e qualitativos de tintas para municípios de pequeno e médio porte	III.7
III.6	Apêndice III – Classificação das microesferas quanto ao tipo.	III.8
III.7	Apêndice III – Tabela de ensaios requeridos para microesferas de vidro	III.9

## LISTA DE ABREVIATURAS

a.C.....	Antes de Cristo
ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM.....	American Society for Testing and Materials
CET.....	Companhia de Engenharia de Tráfego da Prefeitura Municipal de São Paulo
CTB.....	Código de Trânsito Brasileiro
DER.....	Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo
DERSA.....	Desenvolvimento Rodoviário S.A.
DNER.....	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
EMDEC....	Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas S.A.
EPI.....	Equipamento de Proteção Individual
F.....	Refletividade
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia
ITE.....	<i>Institute of Transportation Engineers</i>
PMS.....	Prefeitura Municipal de Sumaré – Estado de São Paulo – Brasil
SNT.....	Sistema Nacional de Trânsito
VDM.....	Volume Diário Médio
VOC.....	<i>Volatile Organic Compounds</i>

**RESUMO:**

PESTANA, Fernando Augusto Baptistini. “A pintura horizontal a frio de vias urbanas em cidades de médio e pequeno porte: materiais, execução e controle”. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2002, 134 páginas. Dissertação de Mestrado.

A pintura horizontal pelo processo a frio é utilizada na grande maioria dos municípios brasileiros, os quais, devido às exigências do Código de Trânsito Brasileiro, devem possuir organismo próprio para o gerenciamento do trânsito em sua circunscrição. A aplicação da sinalização viária horizontal pode ser feita com vários tipos de materiais e de várias formas executivas. Os municípios brasileiros, principalmente aqueles de médio e pequeno porte, não possuem procedimento adequado para aquisição e controle do processo executivo de pintura horizontal viária.

Este trabalho apresenta uma análise de alguns tipos de materiais empregados em sinalização horizontal pelo processo de pintura a frio disponíveis no Brasil, bem como suas técnicas de controle de serviços e equipamentos necessários para a execução de uma pintura com maior durabilidade. Em função das análises desenvolvidas, foi proposta uma especificação para materiais e controle de serviços de aplicação de sinalização viária com pintura a frio. Apresenta o estudo de um caso real de controle de execução de serviços a partir da nova especificação de pintura proposta em uma avenida no município de Sumaré – SP.

**Palavras-chave:** Sinalização viária urbana, materiais para pintura horizontal viária, demarcação viária horizontal, pintura a frio, pintura horizontal, sinalização horizontal, técnicas de pintura a frio, controle de pintura a frio, execução de pintura a frio.

## ABSTRACT

Pestana, Fernando Augusto Baptistini. “ A cold horizontal painting of urban roads in small and medium cities: materials, execution performance and control: Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2002. 134 pages. Master’s Degree Dissertation.

The horizontal painting using a cold process is used in most Brazilian cities. According to the Brazilian Traffic Code these cities must be able to manage traffic around them. The use of horizontal road sign can be made with many kinds of materials and in many different ways. The Brazilian cities, mainly the ones that are small or medium, don’t have the appropriate process of controlling the whole horizontal road painting.

This work shows an analyses of some kinds of materials used in horizontal road sign by the process of cold painting available in Brazil, as well as the techniques of controlling services and equipment needed to have a long-lasting painting. According to the developed analyses, it was suggested a specification of materials and service control of application of roads sign with cold painting. This study presents a real case of controlling the performance of services based as a new specification of painting proposed on an avenue in the city of Sumaré-SP.

Key-words: Urban road sign, materials for road horizontal painting, horizontal road demarcation, cold painting, horizontal painting, horizontal road sign, cold painting techniques, control of cold painting, performance of cold painting.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Ao longo da história, o ser humano foi obrigado a se deslocar para regiões próximas ou remotas, por imperativos climáticos, de subsistência, de expansão territorial, de fuga a invasões ou por outras causas.

O homem primitivo era gregário e nômade, se deslocava a pé e transportava as cargas (armas, ferramentas e alimentos) sobre as costas. Alguns deslocamentos eram sazonais, e havia a necessidade de pontos de referência, orientação e sinalização que lhe permitissem retornar com segurança.

Inicialmente as referências eram acidentes geográficos (montanhas, rios, etc.) e, graças à imaginação e à necessidade do homem, foram criadas marcas em rochas, cortes em árvores, estacas ou marcos cravados no solo.

A humanidade passou então pela idade da “pedra lascada”, pela da “pedra polida”, pela do “bronze” e depois pela do “ferro”, sofisticando seus conhecimentos e suas tecnologias. Desenvolveu técnicas que ajudaram na caça, na guerra e na sua rotina diária. Domesticou animais fortes e resistentes, que usou para carga, tração ou montaria. A descoberta da roda impôs a transformação de caminhos em estradas e, paralelamente, novas formas de sinalização.

Surgiram então os primeiros sinais viários propriamente ditos, como madeira entalhada ou queimada, pedras entalhadas, símbolos indicando localização, distâncias de localidades, avisos, etc. As grandes civilizações da Antiguidade (chineses, assírios, caldeus, egípcios, gregos, romanos, etc.) deram um grande impulso às estradas e aos centros urbanos, e a sinalização as acompanhou. O Império Romano fez do Mar Mediterrâneo um “lago romano”, construindo pontes, estradas, termas, navios, etc. Dizia-se que todas as estradas levavam a Roma, e o seu exército, que em tempo de paz era construtor, junto com os escravos, construiu cerca de 100.000km de estradas. O revestimento superior era feito com pedras planas e, no eixo, colocavam pedras de cor diferente, para separar o tráfego de veículos de tração que se cruzassem.

Uma das estradas romanas mais famosas era a “Via Appia”, de que ainda existem trechos muito bem conservados até hoje, como é o caso daquele próximo a Pompéia, construído em 312 a.C. Ao longo da “Via Appia” havia sinalização diversa, como marcos em pedra gravada a escopo e martelo indicando distância, nomes de cidades e até “colunas viárias” comemorativas, tanto informando leis como regulando o uso das estradas e avisando as penalidades por descumprimento (por exemplo: quem, de alguma maneira, obstruísse ou dificultasse a passagem das legiões seria sumariamente decapitado). Nas cidades surgiram as nomenclaturas de ruas, de casas e demais sinalizações, com uso de diversos recursos técnicos, como lajes de pedras, madeiras gravadas e pintadas, azulejos, placas de bronze fundido e até placas esmaltadas a fogo (estas mais recentemente).

Muitos séculos depois, com a Revolução Industrial iniciada no século XIX, na Inglaterra, surgem os teares, as máquinas a vapor (*James Watt*) e, finalmente, ao término do século, os primeiros automóveis com motor de combustão interna, que vieram no século seguinte revolucionar os transportes terrestres, as estradas modernas e a sinalização viária.

Na segunda década do século XX, os Estados Unidos começaram sinalizando suas estradas de uma forma sistemática. Com o aumento do tráfego urbano e rodoviário, e após a terceira década do século passado, em um período anterior à II Guerra Mundial, alguns países da Europa (Alemanha, França, Itália e Inglaterra) começaram a construir as grandes auto-estradas, fato que gerou o início do grande desenvolvimento da sinalização rodoviária para controle e orientação de vias com maior volume de veículos circulantes.

Os fatos e as técnicas mais marcantes caracterizaram-se pelas primeiras sinalizações aplicadas em locais críticos de estradas rurais, como pontes e suas aproximações, curvas perigosas, desfiladeiros, estrangulamentos da via, etc. Como o revestimento asfáltico ainda não existia, os pavimentos eram em concreto, em pedra (paralelepípedos de granito ou basalto) ou em macadame (sistema criado pelo escocês *Mac Adam*, em que o leito da estrada recebia uma camada de 30cm de pedra britada aglomerada com saibro ou areia grossa, comprimida com rolo e regada). No primeiro caso era usada tinta preta, a fim de contrastar, e não havia qualquer preocupação com o resultado noturno (a refletorização só surgiu muito mais tarde). O crescimento dos parques automobilísticos no mundo todo obrigou ao desenvolvimento de combustíveis, e do seu elevado consumo resultaram subprodutos do petróleo, que necessitavam ser usados. Como consequência, surgiram os revestimentos flexíveis em asfalto. No Estado de *Michigan*, nos Estados Unidos, em 1911, foram realizadas as primeiras pinturas de pavimento, com tintas que eram usadas para outros fins e foram adaptadas a essa nova finalidade. Deu-se, então, início a um desenvolvimento tecnológico de materiais específicos para a sinalização horizontal viária, através de vários fabricantes. Passados vários anos, em 1938 foi criada nos Estados Unidos a primeira especificação técnica de tintas para demarcação viária, definindo as exigências principais, como:

- Boa aderência
- Suficiente resistência a intempéries
- Aplicabilidade por meios mecânicos (pistola)
- Secagem rápida
- Superfície fosca
- Durabilidade mínima de 6 meses

Também em 1938, nos Estados Unidos, foram realizados os primeiros testes com microesferas de vidro, cuja finalidade era conferir à demarcação horizontal uma função noturna, refletorizando a luz dos veículos, que, por sinal, nessa época era de qualidade bem inferior à dos veículos atuais. Estes ensaios exigiram o desenvolvimento de pigmentos de alto desempenho, sem os quais as microesferas não conseguiriam resultados satisfatórios. Na Europa, só em 1950 é que a Alemanha iniciou a utilização das microesferas de vidro importadas dos Estados Unidos, passando a fabricá-las em 1953.

No Brasil, mais recentemente, o marco significativo na área de trânsito ocorreu com a aprovação do novo CTB – Código de Trânsito Brasileiro – (38), em 23 de setembro de 1997, que, entre muitas inovações, introduziu o conceito da municipalização do trânsito. Assim, as competências existentes no Código anterior entre o Estado e o Município foram redivididas, dando mais responsabilidade a cada órgão do Sistema Nacional de Trânsito (SNT). Cabe lembrar que a implantação do CTB (38) vem se dando de forma gradativa, pois, depois de 31 anos de vigência do Código anterior, não seria de uma hora para outra que as alterações determinadas poderiam ser implantadas.

As naturais dificuldades iniciais relativas à implantação do CTB (38) por parte dos órgãos e das entidades de trânsito federais, estaduais e municipais vão sendo superadas. A nova divisão de competências provocou modificações nos órgãos existentes, refletindo-se em reestruturações dos seus organogramas e funções, de maneira a atender às novas atribuições.

O processo de municipalização do trânsito se iniciou de forma irreversível, demonstrando a consciência despertada pelo CTB (38) sobre as questões relativas ao trânsito urbano, assunto de interesse direto das cidades e de seus habitantes. O código introduziu direitos que, se corretamente exercidos pela população, induzirão à maior qualidade dos padrões de serviço e segurança no convívio dos usuários do sistema viário, estejam eles na condição de motoristas ou na de pedestres. Esta nova postura exige do órgão municipal a descoberta das reais necessidades da população, procurando anteceder sua demanda com ações preventivas, bem como gerir corretamente os recursos de que dispõe a fim de implantar as medidas necessárias.

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

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

## 1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma análise de alguns produtos disponíveis no mercado utilizados em sinalização viária horizontal e sugerir, dentre eles, qual é mais adequado às cidades de pequeno e médio porte, a partir de suas características principais, tipos de ensaios de laboratório requeridos, bem como métodos de aplicação e controle de qualidade, propondo como resultado final uma especificação técnica para execução e controle de serviços de sinalização urbana horizontal pelo processo de pintura a frio em cidades de pequeno e médio porte.

A especificação sugerida foi elaborada a partir da análise e do cotejo de especificações técnicas de materiais e de processos executivos de organismos nacionais rodoviários, urbanos e internacionais. A partir da comparação desenvolvida, foram escolhidos os requisitos julgados mais adequados para a composição da especificação proposta.

### 1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho se divide em vários capítulos. O capítulo um é um breve relato sobre a história da sinalização. No capítulo dois são apresentadas as diversas formas de sinalização viária horizontal. No terceiro capítulo são apresentados os materiais utilizados em sinalização horizontal e mais detalhadamente os materiais utilizados em sinalização horizontal de pintura pelo processo a frio. No quarto capítulo são apresentados os métodos e os equipamentos utilizados em execução de pintura pelo processo a frio. No quinto capítulo são apresentadas as especificações para controle de materiais e serviços de sinalização horizontal pelo processo de pintura a frio utilizadas pelos órgãos federal, estaduais e municipais brasileiros, além de alguns organismos internacionais. No sexto capítulo são apresentados os métodos de controle de materiais e serviços para sinalização horizontal pelo processo de pintura a frio. No sétimo capítulo é apresentado um experimento de uma especificação técnica proposta para controle de materiais e serviços de pintura horizontal pelo processo a frio em municípios de pequeno e médio porte. O capítulo oito apresenta a análise dos resultados do experimento. No capítulo nove apresentam-se as conclusões do experimento proposto, bem como sugestões para futuras pesquisas. No capítulo dez, finalizando, são apresentadas as referências bibliográficas do trabalho.

## 2. SINALIZAÇÃO VIÁRIA

O trânsito municipal, desde que organizado corretamente, vem contribuir muito com a qualidade de vida do cidadão. Uma correta aplicação da sinalização de trânsito resulta em um fluxo seguro e ordenado de veículos, reduzindo conseqüentemente os índices de acidentes nas vias municipais sinalizadas.

Os sinais de trânsito, segundo o CTB (38), podem ser classificados como verticais, horizontais, dispositivos de sinalização auxiliar, luminosos, sonoros e gestos de agentes de trânsito e do condutor.

A sinalização horizontal é um sistema de sinalização viária que se utiliza de linhas, marcações, símbolos e legendas, pintados ou apostos sobre o pavimento das vias. Tem como função organizar o fluxo de veículos e pedestres, controlar e orientar os deslocamentos em situações com problemas de geometria, topografia ou obstáculos e complementar os sinais verticais de regulamentação, advertência ou indicação.

Referindo-se à sinalização horizontal, o CTB (38) determina alguns padrões cuja mescla e forma de colocação na via definem os diversos tipos de sinais, subdividindo-os quanto às características conforme o padrão de traçado e cores. Quanto ao padrão de traçado, a sinalização horizontal apresenta três formas:

- Contínua: linhas sem interrupção pelo trecho da via que estão demarcando. Podem estar longitudinalmente ou transversalmente apostas à via;
- Tracejada ou seccionada: linhas seccionadas com espaçamentos de extensão, igual ou maior do que o traço;
- Símbolos e legendas: informações escritas ou desenhadas no pavimento indicando uma situação ou complementando a sinalização vertical existente.

A sinalização horizontal, quanto ao padrão de cores, apresenta-se em cinco cores:

- Branca: utilizada na demarcação de fluxos de tráfego com mesmo sentido; na delimitação de espaços especiais; nos trechos de vias destinados ao estacionamento regulamentado de veículos em condições especiais; na demarcação de faixas para travessias de pedestres; na pintura de símbolos e legendas.
- Amarela: utilizada na regulação de fluxos de sentidos opostos; na delimitação de espaços proibidos para estacionamento ou parada e na demarcação de obstáculos.
- Vermelha: utilizada na regulação de espaço destinado ao deslocamento de bicicletas leves (ciclovias) e nos símbolos de cruz para hospitais e farmácias.
- Azul: utilizada nas pinturas de símbolos em áreas especiais de estacionamento ou de parada para embarque e desembarque;
- Preta: utilizada para proporcionar contraste entre o pavimento e a pintura.

A sinalização horizontal distribui-se dentre as seguintes classes:

- Marcas longitudinais;
- Marcas transversais;
- Marcas de canalização;
- Marcas de delimitação e controle de estacionamentos e/ou parada;
- Inscrições no pavimento.

As marcas longitudinais separam e ordenam as correntes de tráfego, definindo a parte da pista destinada ao rolamento, a sua divisão em faixas, a divisão de fluxos opostos, as faixas de uso exclusivo de um determinado tipo de veículo e as reversíveis, além de estabelecer as regras de ultrapassagem. As marcas longitudinais são subdivididas de acordo com sua função, conforme descrito abaixo:

- a) Linhas de divisão de fluxos opostos – este tipo de demarcação é efetuado na cor amarela. Subdividem-se em linha simples (contínua e seccionada) e em linha dupla (contínua e seccionada).

Simples Contínua



Simples Seccionada



Dupla Contínua



Dupla Contínua/Seccionada

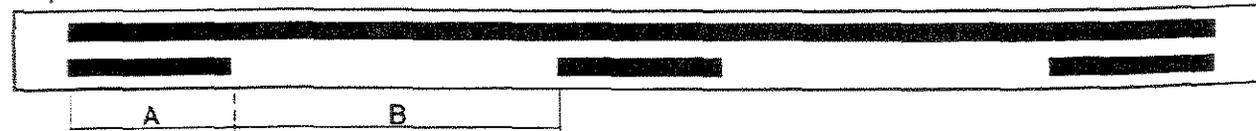


Figura 2.1: Linhas de divisão de fluxos opostos. Fonte: CTB (38).

A é o comprimento da faixa e B o espaçamento entre uma faixa e outra.

- b) Linhas de divisão de fluxos de mesmo sentido – este tipo de demarcação é efetuado na cor branca. Subdividem-se em linha simples contínua e linha simples seccionada.

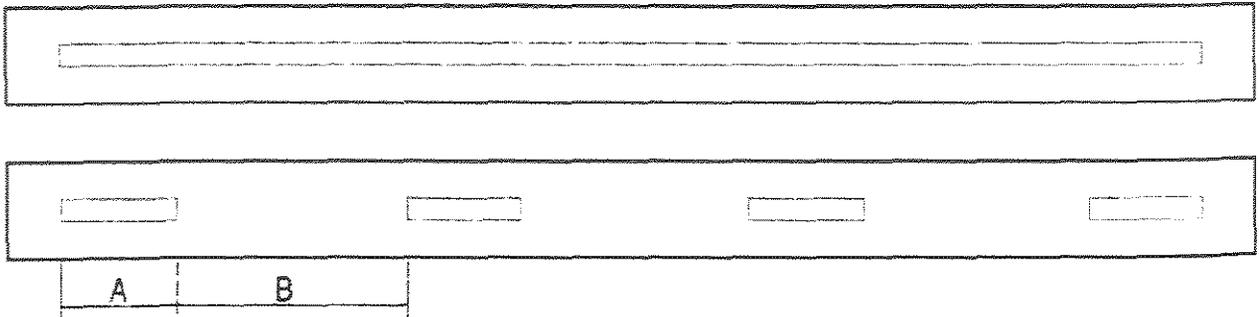


Figura 2.2: Linhas de divisão de fluxo. Fonte: CTB (38).

A é o comprimento da faixa e B o espaçamento entre uma faixa e outra.

- c) Linhas de bordo – este tipo de demarcação é efetuado na cor branca, exceto em vias com canteiro central muito estreito, quando então são amarelas, separando fluxos opostos. Subdividem-se em linha simples contínua e linha simples seccionada.

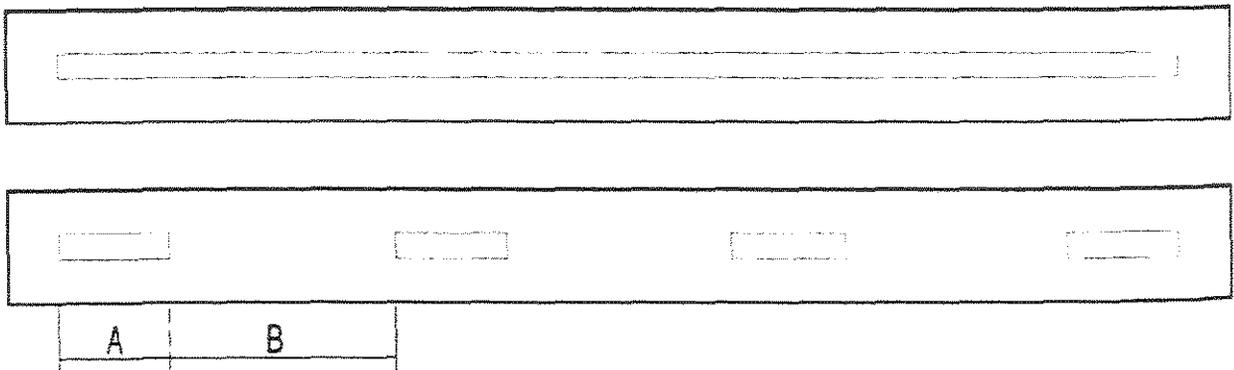


Figura 2.3: Linhas de bordo. Fonte: CTB (38).

A é o comprimento da faixa e B o espaçamento entre uma faixa e outra.

- d) Linhas de continuidade – este tipo de demarcação é efetuado na cor branca, quando dá continuidade a linhas brancas, e na cor amarela, quando dá continuidade a linhas amarelas.

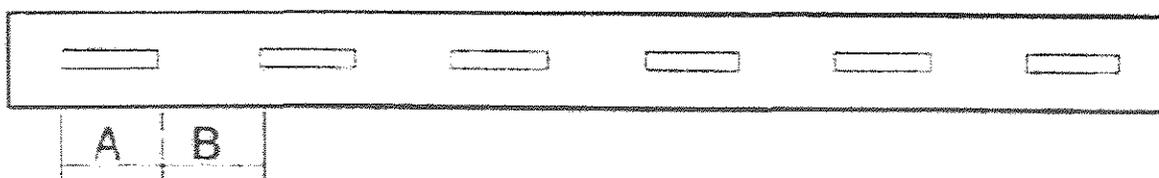


Figura 2.4: Linhas de continuidade. Fonte: CTB (38).

A é o comprimento da faixa e B o espaçamento entre uma faixa e outra.

As dimensões de A e B recomendadas pelo CTB (38) para linhas de bordo e linhas de continuidade são dadas na tabela 2.1:

	A (comprimento em m)	B (espaçamento em m)
Linhas de bordo	4,0	12,0
Linhas de continuidade	1,0	1,0

Tabela 2.1: Dimensões recomendadas pelo CTB (38) para linhas de bordo e linhas de continuidade.

A tabela 2.2 apresenta um resumo das dimensões permitidas pelo CTB (38) para os diversos tipos de marcas longitudinais.

	Largura das linhas mínima – máxima (m)	Distância entre as linhas mínima – máxima (m)	Relação entre A e B mín. – máx.
Linhas de divisão	0,10 – 0,15	0,10 – 0,15	1:2 – 1:3
Linhas de divisão de fluxos de mesmo sentido	0,10 – 0,15	-	1:2 – 1:3
Linhas de bordo	0,10 – 0,20	-	1:3
Linhas de continuidade	a mesma da linha à qual dá continuidade	-	1:1

Tabela 2.2: Resumo das dimensões permitidas pelo CTB (38) para os diversos tipos de marcas longitudinais.

As marcas transversais ordenam os deslocamentos frontais dos veículos e os harmonizam com os deslocamentos de outros veículos e dos pedestres, ou seja, advertem os condutores relativamente sobre a necessidade de reduzir a velocidade e indicam a posição de parada de modo a garantir a segurança dos condutores e dos demais usuários da via. De acordo com sua função, as marcas transversais são subdivididas nos seguintes tipos:

- a) Linhas de retenção – este tipo de demarcação é efetuado na cor branca.



Figura 2.5: Linhas de retenção. Fonte: CTB (38).

- b) Linhas de estímulo à redução de velocidade (transversais à via) – este tipo de demarcação é efetuado na cor branca.

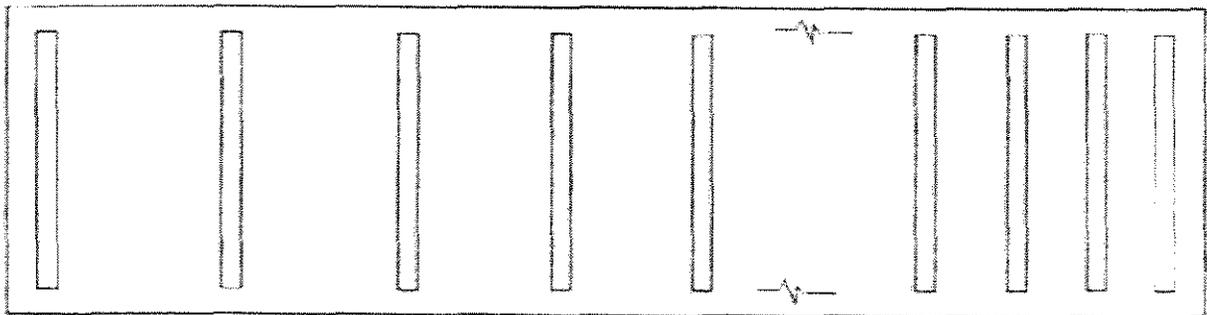


Figura 2.6: Linhas de estímulo à redução de velocidade. Fonte: CTB (38).

A tabela 2.3 apresenta as larguras mínimas e máximas permitidas pelo CTB (38) para a execução de linhas de retenção e linhas de estímulo à redução de velocidade.

	Largura das linhas (m)	
	Mínima	Máxima
Linhas de retenção	0,30	0,60
Linhas de estímulo à redução de velocidade	0,20	0,40

Tabela 2.3: Larguras mínimas e máximas permitidas pelo CTB (38) para linhas de retenção e linhas de estímulo à redução de velocidade.

- c) Faixas de travessia de pedestres – este tipo de demarcação é efetuado na cor branca e serve para delimitar o espaço reservado para a travessia de pedestres. As dimensões permitidas, segundo o CTB (38), estão expressas na tabela 2.4:

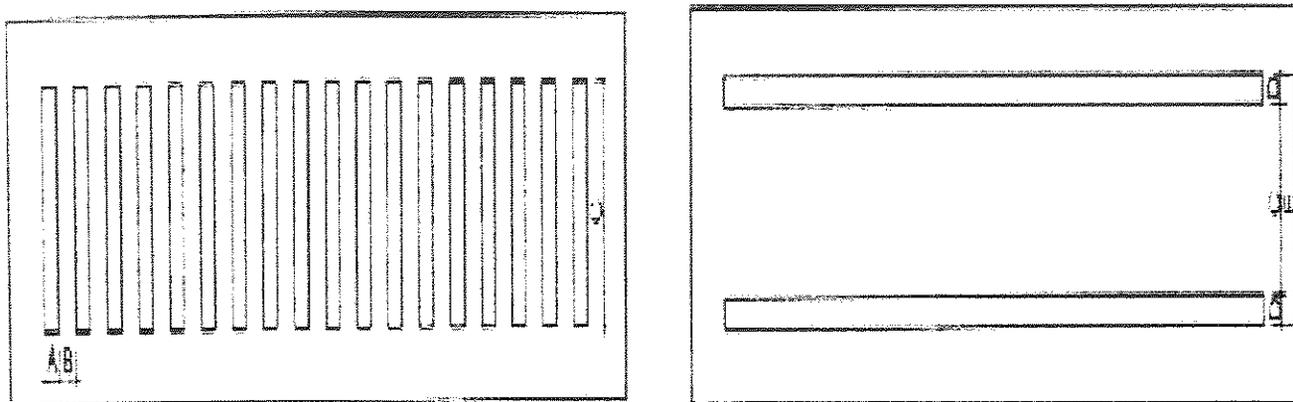


Figura 2.7: Faixas de travessia de pedestres. Fonte: CTB (38).

	Mínima (em metros)	Máxima (em metros)
Largura das linhas (A)	0,30	0,60
Distância entre as linhas (B)	0,30	1,20
Relação entre A e B	1:1	1:2
Largura das linhas (D)	0,30	0,60
Largura da faixa (C): em função do volume de pedestres. Padrão = 4,0m		
Largura da faixa (E): 4,0m		

Tabela 2.4: Dados referentes a faixas de travessia de pedestres segundo o CTB (38).

- d) Marcação de cruzamentos rodocicloviários – este tipo de demarcação é efetuado na cor vermelha.

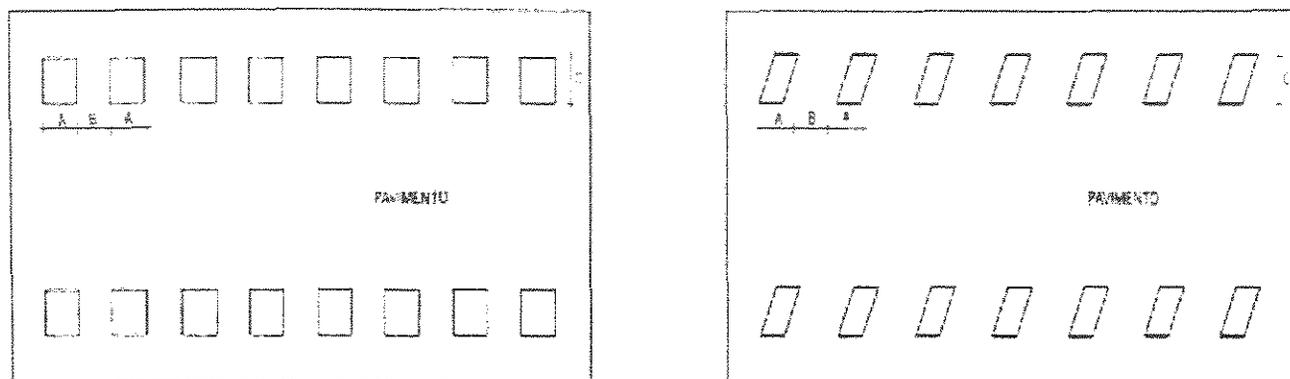


Figura 2.8: Marcação de cruzamentos rodocicloviários. Fonte: CTB (38).

Lado do quadrado ou losango: mínimo = 0,40m e máximo = 0,60m.

Relação  $A = B = C$

As marcas de canalização, também chamadas de “zebrado” ou “sargento”, orientam os fluxos de tráfego em uma via, direcionando a circulação de veículos pela marcação de áreas de pavimento não utilizáveis, sendo executadas na cor branca quando direcionam fluxos de mesmo sentido, e na cor amarela quando direcionam fluxos de sentido opostos.

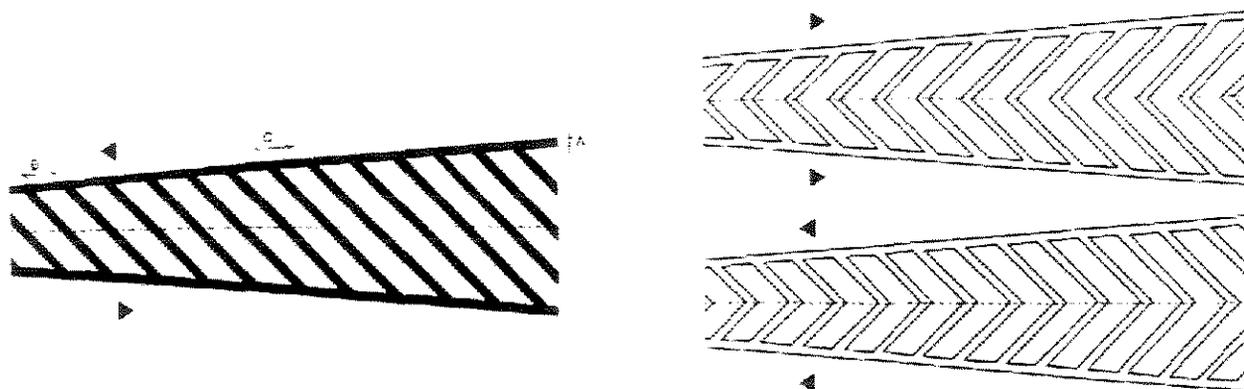


Figura 2.9: Marcas de canalização. Fonte: CTB (38).

Largura da linha lateral (A) = 0,20m.

Largura das linhas transversais (B): mínima = 0,30m e máxima = 0,40m.

Distância entre as linhas (C): mínima = 1,10m e máxima = 2,10m.

As marcas de delimitação e controle de estacionamentos e/ou parada delimitam e propiciam melhor controle das áreas onde é proibido ou regulamentado o estacionamento e a parada de veículos. De acordo com sua função, as marcas de delimitação e controle de estacionamento e parada são subdivididas nos seguintes tipos:

- a) Linhas de indicação de proibição de estacionamento e/ou parada – este tipo de demarcação é efetuado na cor amarela.



Figura 2.10: Linhas de indicação de proibição de estacionamento e/ou parada. Fonte: CTB (38).

- b) Marcação de área reservada para parada de veículos específicos – este tipo de demarcação é efetuado na cor amarela.

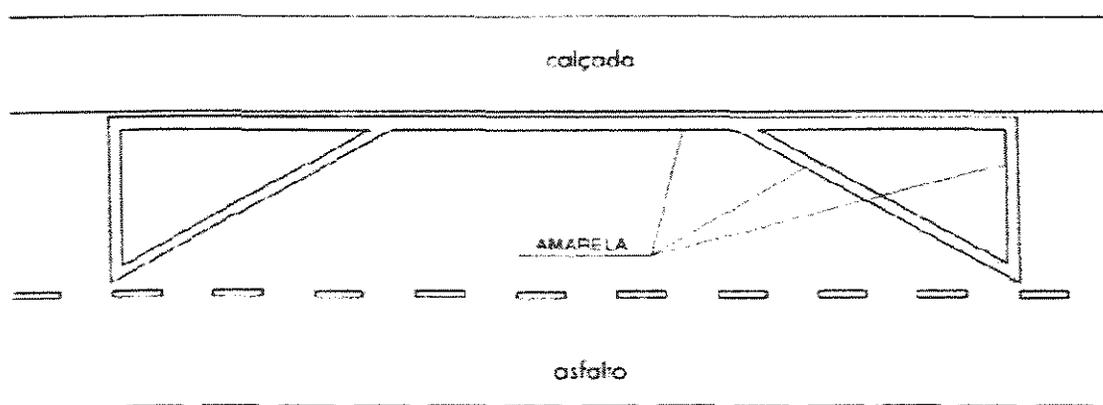


Figura 2.11: Marcação de área reservada para parada de veículos específicos. Fonte: CTB (38).

A tabela 2.5 apresenta as larguras mínimas e máximas permitidas pelo CTB (38) para a execução de linhas de indicação de proibição de estacionamento e/ou parada e marcação de área reservada para parada de veículos específicos.

	Largura (m)	
	Mínima	Máxima
Linhas de indicação de proibição de estacionamento e/ou parada	0,10	0,15
Marcação de área reservada para parada de veículos específicos	0,10	0,15

Tabela 2.5: Larguras mínimas e máximas para a execução de linhas de indicação de proibição de estacionamento e/ou parada e para a marcação de área reservada para parada de veículos específicos segundo o CTB (38).

- c) Marcação de áreas de estacionamento regulamentado ao longo da via – este tipo de demarcação, demonstrado na figura 2.12, é efetuado na cor branca. A tabela 2.6 apresenta as dimensões recomendadas pelo CTB (38) para execução do dimensionamento de áreas de estacionamento regulamentado ao longo da via.

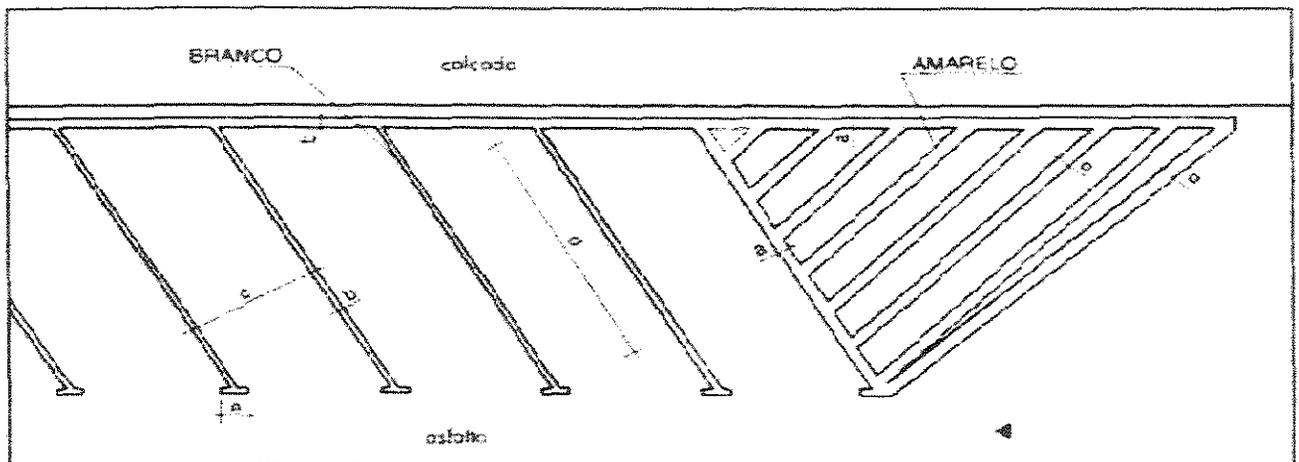


Figura 2.12: Marcação de áreas de estacionamento regulamentado ao longo da via. Fonte: CTB (38)

	Dimensões recomendadas
a	0,20m
b	0,10m
c	Largura efetiva da vaga
d	Comprimento da vaga
e	20% da largura efetiva da vaga

Tabela 2.6: Critérios para dimensionamento de áreas de estacionamento regulamentado ao longo da via.

As dimensões  $d$  e  $e$  deverão ser definidas em função do tamanho dos veículos que irão utilizá-las.

- d) Marcação de estacionamento em áreas isoladas – deverá ser utilizado o mesmo padrão do item anterior. A figura 2.13 ilustra este tipo de demarcação.

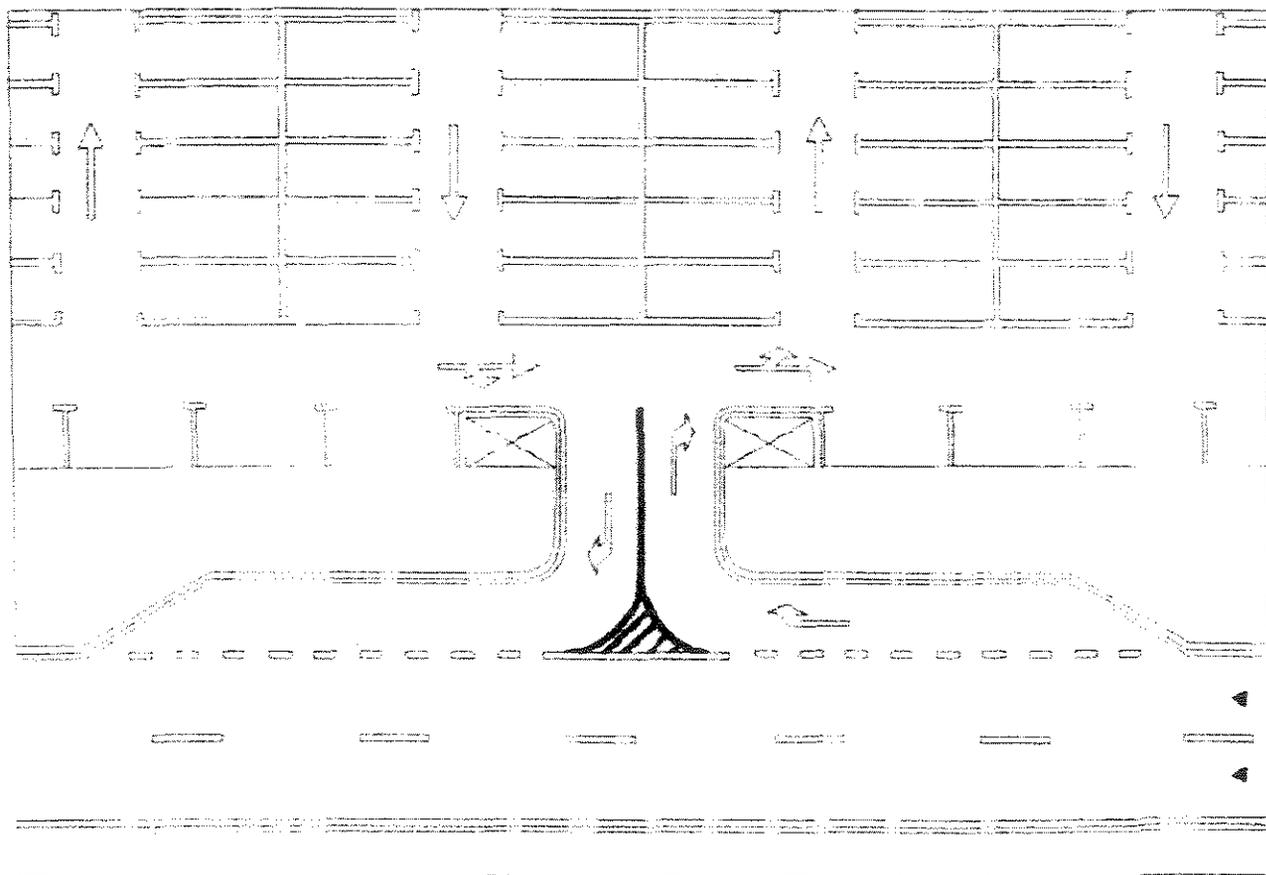


Figura 2.13: Marcação de estacionamento em áreas isoladas. Fonte: CTB (38).

As inscrições no pavimento têm como função melhorar a percepção do condutor quanto às condições de operação da via, permitindo-lhe tomar a decisão adequada, no tempo apropriado, para as situações que se lhe apresentarem. São subdivididas nos seguintes tipos:

- a) Setas direcionais – este tipo de demarcação é executado na cor branca, sendo as demais características conforme figura 2.14 e tabela 2.7.

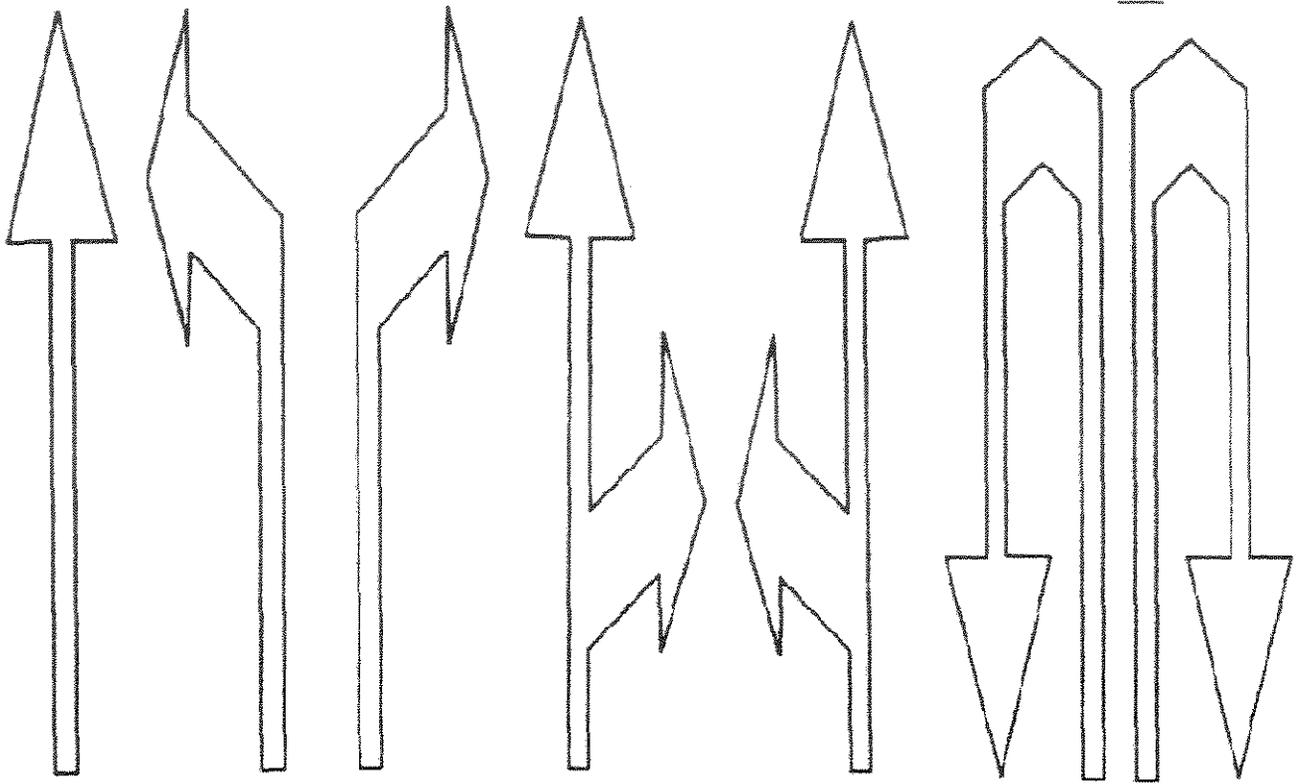


Figura 2.14: Setas direcionais.

	Comprimento da seta (m)	
	Mínimo	Máximo
<b>Fluxo veicular</b>	5,0	7,5
<b>Fluxo pedestre</b>	3,0 (somente seta “i” com parte da haste suprimida)	

Tabela 2.7: Critérios para dimensionamento de setas direcionais para veículos e pedestres.

- b) Símbolos – este tipo de demarcação é executado conforme figura 2.15. Com exceção dos símbolos de serviços de saúde (cor vermelha) e os símbolos de deficiente físico (cor azul), são executados na cor branca.

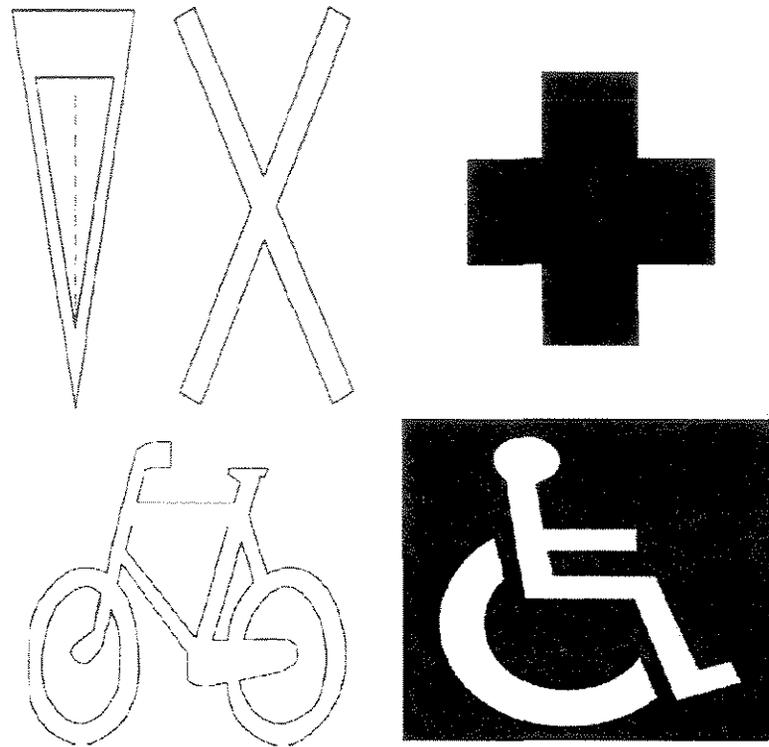


Figura 2.15: Símbolos.

- c) Legendas – também são executadas na cor branca, conforme figura 2.16.

PARE 80 DEVAGAR  
ESCOLA ÔNIBUS

Figura 2.16: Legendas. Fonte: CTB (38).

Além de se conhecer os padrões e a classificação da sinalização horizontal, necessário se faz também conhecer as vias nas quais serão efetuadas as sinalizações. Conforme art. 60 do CTB (38), as vias abertas à circulação classificam-se, de acordo com sua utilização, em urbanas e rurais, e se subdividem da seguinte forma:

I – Vias urbanas:

- a) via de trânsito rápido;
- b) via arterial;
- c) via coletora;
- d) via local.

II – Vias rurais:

- a) rodovias;
- b) estradas.

Nas vias urbanas, a pintura sofre maior ação do tráfego devido às constantes acelerações, às desacelerações e às frenagens. Já nas vias rurais (estradas ou rodovias), esses efeitos são menores, sendo, portanto, neste caso, maior a durabilidade da pintura, considerando-se o VDM constante, a mesma espessura de filme e o mesmo tipo de tinta.

Aliado a isto, a vida útil da pintura aplicada sobre o pavimento também está diretamente relacionada às condições da sua aplicação, à espessura do filme, ao volume de tráfego, ao tipo de tráfego, às características, à geometria das vias e à tinta utilizada.

Outro elemento importante é o tipo do pavimento no qual a pintura será aplicada. Os pavimentos podem ser classificados em duas grandes classes quanto ao tipo de seu revestimento: rígidos e flexíveis. Os pavimentos rígidos são principalmente constituídos por placas de concreto de cimento Portland, enquanto os pavimentos flexíveis são predominantemente constituídos por revestimentos de misturas betuminosas. No sistema viário urbano ocorrem ainda revestimentos do tipo calçamento que, predominantemente, podem ser constituídos por paralelepípedos ou por blocos pré-moldados de concreto de cimento Portland.

Quanto à cor, pode-se dizer que os pavimentos rígidos possuem cor acinzentada, voltada para o cinza claro, enquanto os flexíveis possuem cor escura, variando do cinza escuro (pavimentos desgastados) ao preto (pavimentos novos). As cores dos pavimentos são importantes na aplicação da pintura, uma vez que a função da pintura é destacar-se do substrato (no caso, o pavimento), ou seja, contrastar, dando destaque à sinalização implantada. Por este motivo, alguns órgãos utilizam a aplicação de tinta preta sobre os pavimentos de concreto e posteriormente aplicam as demarcações necessárias. Tal procedimento, porém, requer um investimento maior, uma vez que o custo da tinta preta é semelhante ao da tinta de demarcação. Já no caso do pavimento flexível, o contraste ocorre naturalmente.

As tintas de cor preta também são utilizadas para encobrir a sinalização existente quando se deseja alterá-la ou quando ocorre erro na execução. O procedimento correto seria a raspagem da tinta existente, porém tal processo é lento e caro, trazendo, em alguns casos, cicatrizes na camada de revestimento do pavimento. Cabe salientar que a tinta preta utilizada para encobrir a demarcação existente deve possuir as mesmas características técnicas da tinta que vai ser encoberta, pois está submetida às mesmas características de tráfego. Um problema que pode ocorrer deve-se ao fato de alguns pavimentos flexíveis possuírem cor cinza médio. Quando ocorre a aplicação da pintura preta, ela fica contrastando sobre a camada de revestimento, causando, desta forma, um desconforto visual. Por este motivo, alguns fabricantes já estão desenvolvendo tintas em algumas tonalidades de cinza, a fim de minimizar este efeito visual, porém tais cores ainda não estão previstas no CTB (38) vigente.

Nos calçamentos em paralelepípedo, a pintura aplicada requer constante manutenção. Normalmente a superfície exposta ao tráfego de cada um destes blocos costuma ser muito lisa, oferecendo uma baixa adesão da pintura em sua superfície. A pintura aplicada, uma vez submetida ao efeito abrasivo dos pneus dos veículos, tende a se desprender, resultando por consequência em uma constante manutenção. Os calçamentos com blocos pré-moldados de cimento Portland, dependendo do formato do bloco, apresentam os mesmos problemas, com a pequena vida útil das pinturas horizontais aplicadas por razão idêntica. Recentemente têm sido lançados no mercado brasileiro blocos com cores diferentes (brancos e amarelos), que poderiam ser colocados em posições pré-definidas com o objetivo de facilitar a implantação ou substituir a sinalização horizontal.

### 3. MATERIAIS EMPREGADOS EM SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

#### 3.1 TIPOS DE MATERIAIS EMPREGADOS EM SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

Os materiais utilizados em sinalização horizontal podem ser tintas, termoplásticos ou pré-fabricados, conforme a NBR 7396/97 (5).

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

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

Os materiais pré-fabricados são os filmes, as películas ou as fitas, constituídos por resinas, partículas sólidas (cargas, pigmentos e microesferas de vidro, no caso de retrorrefletivas) e aditivos

fornecidos em espessuras definidas por ocasião da fabricação, cuja aplicação é feita através de colagem no pavimento, na temperatura ambiente.

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

No caso dos municípios de pequeno e médio porte, no momento atual, o fator principal a ser considerado é o custo inicial de implantação da sinalização horizontal, uma vez que muitos ainda não possuem sequer sinalização implantada em todas as suas vias, o que vai contra o Art. 88 do CTB (38), que diz: “Nenhuma via pavimentada poderá ser entregue após sua construção ou reaberta ao trânsito após a realização de obras ou de manutenção enquanto não estiver devidamente sinalizada, vertical e horizontalmente, de forma a garantir as condições adequadas de segurança na circulação”.

Um ponto importante a ser observado é que a pintura não pode ser aplicada imediatamente após a execução da pavimentação asfáltica. Isto ocorre porque, durante o tempo de cura do asfalto, existe o despreendimento de componentes voláteis da massa asfáltica. Tais componentes, em contato com a tinta, reagem provocando a chamada sangria, ou até mesmo outras reações químicas que prejudicam o seu desempenho.

A seguir é apresentado, na tabela 3.1, um comparativo de custo e durabilidade entre os tipos de sinalizações horizontais citados. O custo da implantação foi calculado considerando-se a aplicação de uma sinalização padrão, caracterizada por uma faixa dupla contínua com 0,15m de largura em um quarteirão de 100m de comprimento, perfazendo desta forma uma metragem quadrada de sinalização igual a 30m<sup>2</sup>. Analisando-se a tabela 3.1, pode-se notar que, apesar de o custo-benefício da aplicação de pintura a frio pelo processo de aspersão não ser o mais favorável, ele é o mais utilizado devido a seu baixo custo de implantação inicial, vindo ao encontro da realidade dos municípios de pequeno e médio porte, uma vez que eles, na sua grande maioria, ainda possuem orçamentos pequenos e insuficientes para implantar toda a sinalização necessária. Toma-se, desta forma, mais viável a implantação da pintura a frio, permitindo-se que os municípios se enquadrem mais rapidamente às exigências do CTB (38).

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

Tabela 3.1: Tabela comparativa entre os diversos tipos de sinalizações horizontais para um VDM constante e mesmas características e condições de tráfego. Valor base do dólar comercial 1US\$ = R\$ 2,85 (data 10/07/2002).

Outro fato importante é que uma pintura a frio executada com qualidade atende às necessidades de quase todos os municípios de pequeno e médio porte, pois eles não possuem grandes volumes de tráfego nem os problemas apresentados pelas grandes metrópoles.

Em caso de haver necessidade de substituição das demarcações efetuadas por outro tipo de maior durabilidade, a pintura a frio possui compatibilidade com vários tipos de materiais, como demonstra a tabela 3.2.

A compatibilidade citada no parágrafo anterior significa a fácil substituição pelo novo material a ser aplicado sobre a demarcação efetuada pelo processo de pintura a frio.

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

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

*Tabela 3.2: Compatibilidade entre diferentes materiais de sinalização horizontal – Modificado a partir de Sinalta Propista – Marcas Viales – Espanha.*

De acordo com pesquisa realizada no mercado, pode-se citar alguns municípios que se utilizam do processo de pintura a frio: Araraquara-SP, Araras-SP, Jacareí-SP, Juiz de Fora-MG, Limeira-SP, Sertãozinho-SP, Sumaré-SP e até mesmo municípios de maior porte, como Campinas-SP, Ribeirão Preto-SP e São Paulo-SP, este último, porém, em percentual menor em relação ao montante de sinalização horizontal implantada, devido às grandes solicitações de tráfego a que estão sujeitas suas vias urbanas.

As tintas utilizadas em pintura a frio podem, então, ser subdivididas nos seguintes tipos:

- a) Tintas acrílicas: aplicadas em espessuras úmidas entre 0,4 e 0,8mm, sendo, na prática, a espessura de 0,6mm a mais indicada para municípios de pequeno e médio porte, devido à durabilidade adequada do filme de pintura. Estes tipos de tinta são os mais utilizados atualmente.
- b) Tintas acrílicas emulsionadas em água: aplicadas em espessuras úmidas entre 0,3 e 0,5mm. Este tipo de tinta ainda não é utilizado no Brasil em larga escala devido à pouca experiência em relação ao produto, requerendo certas condições de aplicação que não vêm sendo obtidas na prática até o momento.

- c) Tintas bicomponentes com solvente: de grande durabilidade, aplicadas geralmente na espessura úmida de 0,4mm, porém não indicadas aos pequenos e médios municípios devido a seu alto custo em relação às tintas de um componente formuladas com resina acrílica.
- d) Tintas bicomponentes sem solvente: de grande durabilidade, aplicadas geralmente nas espessuras secas de 0,3 a 1,0mm, não são indicadas aos pequenos e médios municípios devido também a seu alto custo em relação às tintas de um componente formuladas com resina acrílica.

## 3.2 MATERIAIS UTILIZADOS EM PINTURAS A FRIO

### 3.2.1 Tintas, seus componentes, funções e características

A tinta, de modo geral, é uma composição líquida, geralmente viscosa, constituída de um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerante líquido, que, ao sofrer um processo de cura quando estendida em película fina, forma um filme opaco e aderente ao substrato. Este filme tem a finalidade de proteger e embelezar as superfícies.

Conforme a NBR 7396/87 (5), as tintas são composições líquidas constituídas por veículos (resinas e solventes), partículas sólidas (cargas e pigmentos) e aditivos. Podem ser de um ou dois componentes (bicomponentes). São exemplos de tintas de um componente aquelas à base de resinas acrílicas, vinílicas, estireno-butadieno, estireno-acrilato e alquídicas. São exemplos de tintas de dois componentes as formuladas à base de resinas epóxi, poliuretano e outras.

As tintas são constituídas por materiais voláteis e não-voláteis, fazendo parte dos materiais voláteis os solventes e dos materiais não-voláteis as resinas e os pigmentos.

São características das tintas a cor, a flexibilidade, a resistência à água e ao calor e a resistência ao intemperismo, sendo que, para garantir tais características, elas devem ser fabricadas com a melhor tecnologia de formulação, com controle rigoroso de qualidade das matérias-primas e de todas as fases da produção, utilizando-se as técnicas mais eficientes de fabricação.

Os componentes básicos de uma tinta, segundo ASSIS (1) são:

- resinas
- pigmentos
- solventes
- aditivos

As **resinas** são responsáveis pela aderência, pela impermeabilidade e pela flexibilidade das tintas, representando o componente-chave. Constituem a parte não-volátil da tinta, que serve para aglomerar as partículas de pigmentos, podendo ser líquidas ou sólidas. As resinas também denominam o tipo de tinta ou de revestimento empregado. Assim, por exemplo, temos as tintas acrílicas, alquídicas, epoxídicas, poliuretânicas, etc. Todas levam o nome da resina básica que entra em sua composição.

Antigamente as resinas eram à base de compostos naturais, vegetais ou animais. Atualmente são obtidas pela indústria química ou petroquímica por meio de reações complexas, originando polímeros que conferem às tintas propriedades de resistência e durabilidade muito superiores às antigas.

A formação do filme de tinta está relacionada com o mecanismo de reações químicas do sistema polimérico, embora outros componentes, como solventes, pigmentos e aditivos tenham influência no sentido de retardar, acelerar e até inibir essas reações.

As resinas, dentre os componentes de uma tinta, são as que mais influenciam nas propriedades de dureza, flexibilidade, resistência à abrasão, resistência a álcalis, adesão e condições de cura. A durabilidade do sistema de resinas também funciona como fator limitante da durabilidade

da tinta e merece especial atenção na seleção dos pigmentos que deverão compor a fórmula. Alguns outros componentes também influenciam nas propriedades citadas, porém em escala menor.

Existem vários tipos de resinas, cada um adequado a uma determinada aplicação específica, sendo que, para pintura horizontal, pelo processo a frio, a mais utilizada é a resina acrílica.

O **pigmento** é constituído por um tipo de pó muito fino, isto é, um material sólido finamente dividido, insolúvel no meio. É utilizado para conferir cor, opacidade e certas características de consistência. Anticorrosivo e inerte, pode se apresentar nas cores branca, preta, colorida, metálica ou incolor.

Conforme cita ASSIS (1), é importante entender o processo que pode ocorrer quando a luz incide sobre uma superfície pigmentada. Um filme é opaco porque as partículas pigmentadas espalham e/ou absorvem a luz incidente, evitando que ela alcance o substrato. A combinação de todos esses efeitos leva ao fenômeno da opacidade. A maior parte da luz que penetra em um filme é refletida e refratada muitas vezes antes de escapar da superfície do filme como luz refletida ou ser absorvida pelo substrato, conforme apresenta a figura 3.1.

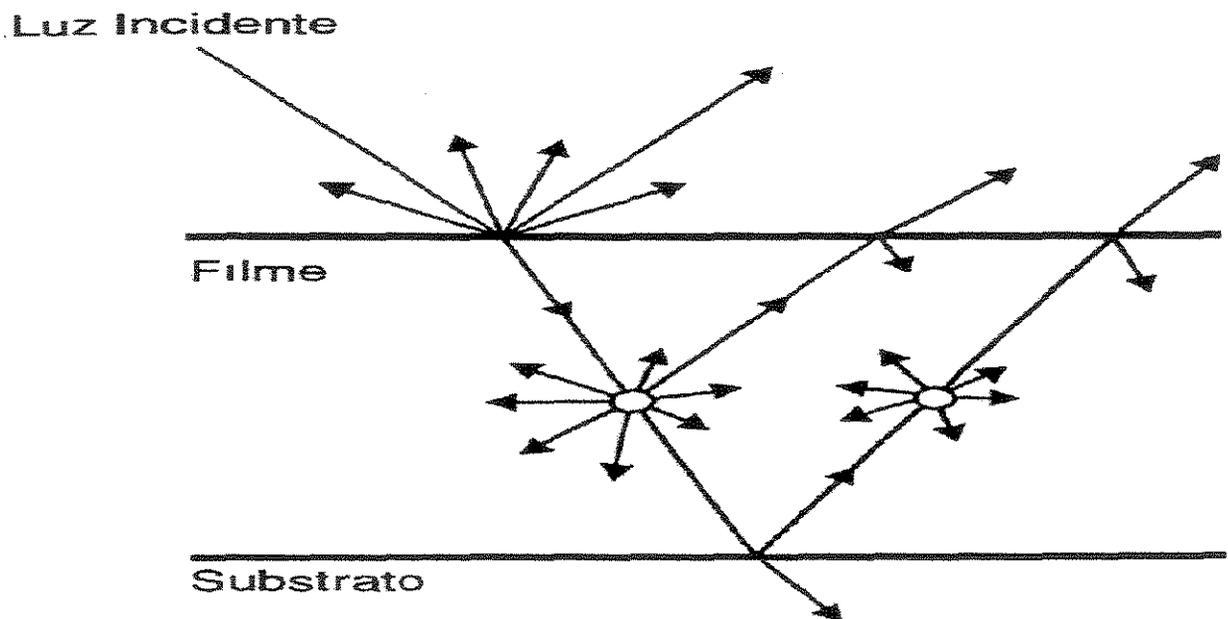


Figura 3.1: Interação da luz com um filme pigmentado.

A figura 3.2 mostra esquematicamente o efeito de espalhamento através de partículas com diferentes índices de refração: quanto maior o índice de refração, maior o ângulo de deflexão, diminuindo assim a possibilidade da luz atingir o substrato.

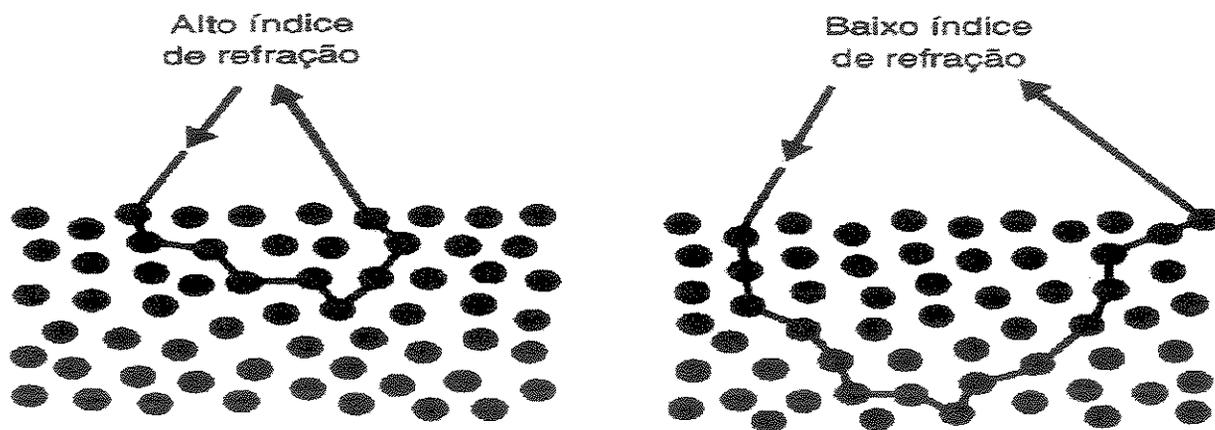


Figura 3.2: Reflexão da luz a partir de pigmentos.

A eficiência de espalhamento de uma partícula pigmentar está diretamente ligada a suas dimensões. Assim, como exemplo, podemos citar que o tamanho de um pigmento de dióxido de titânio influenciará a opacidade do filme.

ASSIS (1) considera como pigmentos inorgânicos todos os pigmentos brancos, as cargas e uma grande faixa de pigmentos coloridos, sintéticos ou naturais, de classe química de compostos inorgânicos.

Os pigmentos inorgânicos, por sua vez, subdividem-se em cargas e pigmentos verdadeiros. São exemplos de pigmentos verdadeiros:

- Dióxidos de titânio (rutilo e anatase)
- Óxidos de ferro (naturais e sintéticos)
- Cromatos de chumbo
- Cromatos de zinco
- Verdes de cromo
- Azul da Prússia

- Sulfetos e sulfoselenetos de cádmio
- Óxidos de zinco
- Óxidos de cromo
- Azul de ultramar
- Negro de fumo
- Pigmentos metálicos
- Fosfato de zinco
- Sílico aluminato de sódio

Devido à grande utilização em sinalização viária, as características dos pigmentos dióxido de titânio e cromato de chumbo são apresentadas a seguir.

O **dióxido de titânio** é um dos mais importantes pigmentos brancos produzidos, com uma produção mundial em torno de 2,5 milhões de toneladas/ano. Apresenta ampla faixa de aplicação, incluindo tintas arquitetônicas, industriais, de impressão e de demarcação viária, plásticos, borrachas, papel, produtos têxteis, alimentícios e fármacos.

O dióxido de titânio puro ( $\text{TiO}_2$ ) é um sólido cristalino incolor, estável, existindo na natureza em três formas cristalinas fundamentais: rutilo tetragonal, prisma tetragonal ou anatase e bruquita ortorrômbica, sendo que apenas as duas primeiras são comercialmente produzidas e o pigmento de forma rutilo é o mais importante em termos de volume.

Os cristais de rutilo apresentam uma estrutura mais compacta que a forma anatase, o que explica as importantes diferenças entre as duas formas. Particularmente, o rutilo possui um alto índice de refração, maior estabilidade e alta densidade. O alto índice de refração dos cristais leva a um maior poder opacificante e superior estabilidade exterior, razão pela qual seu uso é preferencial em relação ao anatase, que é usado apenas em algumas aplicações específicas, nas quais é selecionado por sua tonalidade azulada, sua habilidade de agir como branqueador óptico ou por sua baixa abrasividade.

A tabela 3.3 apresenta uma comparação sobre as principais características entre os cristais de rutilo e anatase.

	<b>ANATASE</b>	<b>RUTILO</b>
<b>Aparência</b>	Pó branco brilhante	Pó branco brilhante
<b>Índice de refração</b>	2,55	2,71
<b>% TiO<sub>2</sub></b>	95 – 99	80 – 98,5
<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	3,70 – 3,85	3,75 – 4,15
<b>Absorção de óleo</b>	20 – 24	17 – 40
<b>Tamanho médio da partícula (µm)</b>	0,14 – 0,15	0,17 – 0,24
<b>Área superficial</b>	10 – 14	7 – 30

Tabela 3.3: Propriedades típicas do dióxido de titânio – pigmento. Fonte: ASSIS (1).

A mais importante propriedade de qualquer pigmento branco é sua habilidade de opacificar e branquear o meio no qual é disperso. O potencial opacificante é essencialmente controlado por duas propriedades: índice de refração e tamanho de partícula.

O índice de refração é uma propriedade associada à estrutura cristalina e, portanto, fora do controle do fabricante. O dióxido de titânio rutilo apresenta maior índice de refração que qualquer pigmento branco disponível.

A tabela 3.4 apresenta dados comparativos entre alguns pigmentos brancos.

<b>PIGMENTO</b>	<b>Índice de Refração</b>	<b>Refletividade (F) x 100</b>	<b>Opacidade Relativa</b>
<b>Dióxido de titânio (rutilo)</b>	2,71	8,26	100
<b>Dióxido de titânio (anatase)</b>	2,55	6,72	81
<b>Óxido de antimônio</b>	2,20	3,58	43
<b>Óxido de zinco</b>	2,01	2,11	26
<b>Carbonato básico de chumbo</b>	2,00	2,04	25

Tabela 3.4: Índice de refração e refletividade de alguns pigmentos brancos. Fonte: ASSIS (1).

Por todas as características anteriores, o dióxido de titânio rutilo tetragonal é o pigmento utilizado na fabricação de tintas brancas para demarcação viária, merecendo especial atenção nas análises qualitativas e quantitativas de tintas, as quais serão apresentadas mais adiante.

Os **cromatos de chumbo** constituem uma classe de pigmentos inorgânicos amarelos e laranja, cuja tonalidade varia desde o amarelo cromo primrose (amarelo esverdeado), passando pelo amarelo de cromo claro, médio, amarelo de cromo ouro (amarelo avermelhado), até o laranja intenso ou o vermelho claro do laranja de molibdato. O laranja de cromo ou cromato básico de chumbo apresenta uma tonalidade intermediária entre o amarelo ouro e o laranja de molibdato.

As diferentes tonalidades obtidas baseiam-se em três formas cristalinas que o composto de cromato de chumbo pode assumir, dependendo das condições de fabricação. Além das formas cristalinas, a composição e o tamanho das partículas são fatores que também influenciam a tonalidade.

Faixas típicas de composição são ilustradas na tabela 3.5:

Produto	Tonalidade de cromatos de chumbo				
	Médio (%)	Claro (%)	Primrose (%)	Laranja de Molibdato (%)	Laranja de Cromo (%)
$PbCrO_4$	90 – 94	61 – 75	65 – 71	69 – 80	58
$PbSO_4$	0 – 6	20 – 38	23 – 30	9 – 15	0
$PbMoO_4$	0	0	0	3 – 7	0
$PbO$	0	0	0	0	38
Outros	4 – 6	1 – 6	3 – 8	3 – 13	4
<b>Forma Cristalina</b>	Monoclínico	Monoclínico	Ortorrômbico	Tetragonal	Monoclínico

Tabela 3.5: Faixas características de composição dos cromatos de chumbo. Fonte: ASSIS (1).

O controle rigoroso de concentração, a velocidade de adição dos reagentes, a temperatura, o pH, o tempo de reação e a velocidade de agitação são pontos importantes para a qualidade do pigmento amarelo formado.

Os pigmentos de cromatos de chumbo são uma das mais versáteis classes de pigmentos. Apresentam propriedades desejáveis, como tipos de alta limpidez, alta opacidade, boa resistência e boas propriedades reológicas, não apresentando sangria em solventes. Apresentam uma grande faixa de cores e também um baixo custo quando comparados a outros pigmentos coloridos, podendo a faixa de cores ser ampliada se estes forem utilizados em mistura com outros pigmentos. São amplamente empregados em tintas industriais (acabamento automotivo, equipamentos agrícolas, tintas para demarcação de estradas), plásticos, tintas de impressão (offset, flexo-solvente, flexo-água).

Atualmente estes pigmentos encontram limitações de uso principalmente pela toxicidade que apresentam. O principal dano causado pelos compostos de chumbo provém do acúmulo de sais de chumbo no organismo. O potencial de toxicidade dos compostos de chumbo depende principalmente do grau com que o organismo pode dissolver a substância, tornando-a susceptível à absorção. Se o composto permanecer insolúvel, ele será expelido pelo organismo, sem nenhuma alteração, após um curto período de tempo.

Estudos demonstram que existe uma associação entre câncer de pele e de pulmão em pessoas expostas a cromo hexavalente. Assim, o cromato de chumbo foi incluído na lista de compostos de cromo potencialmente carcinogênicos. No entanto, estudos realizados até o momento só puderam estatisticamente comprovar a presença de câncer de pele em trabalhadores de fábricas onde se produzia cromato de zinco. Em locais onde se fabricava apenas cromato de chumbo isso não foi observado ainda.

Os **solventes** são produtos que possuem a capacidade de dissolver outros materiais sem alterar suas propriedades químicas, isto é, trata-se de um líquido volátil, geralmente de baixo ponto de ebulição, utilizado nas tintas e correlatos para dissolver a resina. O resultado dessa interação é denominado solubilização.

Os solventes são classificados em ativos ou verdadeiros, latentes e inativos. Apesar de caber às resinas o papel mais importante da performance do sistema, a má seleção dos solventes pode comprometê-las significativamente.

Geralmente os solventes são líquidos que têm afinidade química com os materiais a serem dissolvidos.

De acordo com a definição, também pertencem a esta classe os plastificantes, porém seu elevado ponto de ebulição os caracteriza como materiais não-voláteis nas condições ambientais. Generalizando, pode-se dizer que os solventes respondem por grande parte das propriedades de aplicabilidade das tintas. Alguns dos solventes mais utilizados são os hidrocarbonetos alifáticos (aguarrás e naftas), os aromáticos (toluol e xilol), os ésteres (acetatos de etila e butila), os álcoois (etílico, butílico e isopropílico), as cetonas (metil-etil-cetona e metil-isobutil-cetona) e os glicóis (etilglicol, butilglicol e acetatos de etilglicol e de butilglicol). A volatilidade é fator preponderante para a correta seleção de um solvente, tornando, assim, a taxa de evaporação um dos fatores principais de sua escolha.

Os solventes são, via de regra, voláteis e, na sua grande maioria, inflamáveis. Eles estão presentes nas tintas com duas finalidades:

- Solubilizar a resina;
- Conferir viscosidade adequada à aplicação.

A solubilização da resina é necessária para que haja um melhor contato da tinta com o substrato, favorecendo a aderência. O uso de solventes inadequados, que não tenham poder de solvência sobre as resinas, pode causar problemas nas tintas, como coagulação ou precipitação da resina, perda de brilho, diminuição da resistência à água, etc. Daí a importância da seleção correta dos solventes, pois muitas propriedades da tinta líquida e do seu desempenho depois de aplicada estão diretamente relacionadas com o tipo de solvente utilizado.

Os solventes devem ser:

- Incolores;
- Voláteis, sem formação de resíduos;
- Quimicamente estáveis, não se alterando no armazenamento;
- Neutros (não devem reagir com os demais componentes da tinta, nem com o substrato);
- Estáveis, com propriedades físicas constantes.

Em condições normais de uso, as tintas apresentam-se com baixa viscosidade, estando, em tal situação, prontas para aplicação na superfície a ser revestida. Porém os fabricantes sugerem uma diluição com o solvente de, no máximo, 5% do volume de tinta, a fim de permitir uma melhor aplicação em casos em que se necessite diminuir a viscosidade.

Neste ponto é fundamental frisar a importância de se utilizar o solvente recomendado pelo fabricante da tinta, a fim de se manter seu desempenho inalterado, obtendo-se desta forma o resultado esperado para determinada aplicação específica.

Os **aditivos** fazem parte das tintas, apresentando-se em quantidades relativamente pequenas em sua formulação, porém influem significativamente na manufatura, na estabilidade, na aplicabilidade, na qualidade e no aspecto do filme aplicado.

Em uma determinada formulação, raramente o total de aditivos excede a 5% da composição, e eles são usualmente divididos por função, em vez de divididos pela composição química ou pela forma física.

Quanto ao mecanismo de atuação, os aditivos podem ser divididos em quatro grupos:

- a) aditivos de cinética;
- b) aditivos de reologia;
- c) aditivos de processo;
- d) aditivos de preservação.

Os aditivos de cinética influenciam no tempo de secagem da tinta e os aditivos de reologia servem para regular a fluidez da tinta. Já os aditivos de processo são utilizados para facilitar o processo produtivo das tintas, enquanto os aditivos de preservação servem para preservar a tinta contra contaminações que possam vir a prejudicar suas características.

Os aditivos de cinética subdividem-se em:

- secantes;
- catalisadores;
- antipeles.

Os secantes são os mais antigos e fazem parte do grupo mais importante de aditivos em tintas. Não devem ser confundidos com agentes de cura, visto que não reagem com a resina e, portanto, não ficam quimicamente ligados a ela no filme resultante. Existem vários fatores que afetam a secagem de uma tinta, como temperatura, umidade relativa do ar, luz, circulação de ar, espessura da película, pigmentos e resinas. Para cada tipo destes fatores citados, pode-se controlar o processo com a aplicação do secante adequado.

Muitas reações, porém, ocorrem lentamente sob condições específicas de temperatura, concentração, etc., e podem ser aceleradas acentuadamente mediante a adição de pequena quantidade de catalisador. Esta substância age aumentando as velocidades de reação, quer pela introdução de um novo mecanismo de reação, quer por absorção dos reagentes na superfície do catalisador, possibilitando uma reação mais fácil. Genericamente, os catalisadores têm um efeito definitivo sobre a velocidade da reação, podendo, teoricamente, ser recuperados ao término da reação, pois não fazem parte integrante do produto final.

Sempre que um recipiente contendo tinta é deixado parcialmente fechado ou aberto, pode-se perceber a formação de uma película na superfície da tinta. Esta película é chamada de pele. Com o passar do tempo, a espessura da pele formada tende a aumentar e, então, a homogeneização não será suficiente para a dissolução total. Assim, recomenda-se a filtração do produto. A tendência final será o endurecimento total do produto dentro do recipiente. Nesse ponto, nada mais poderá ser feito para o seu aproveitamento. A formação de peles tem lugar, em sua maior parte, em tintas de secagem por oxidação e é causada pelo mesmo processo que seca a película sobre uma superfície: primeiro por evaporação do solvente; depois o espessamento do produto por oxipolimerização, até

que se transforme numa película dura. Um método prático de evitar a formação de peles consiste em manter os recipientes bem fechados e adicionar o diluente sobre a superfície da tinta, em pequena proporção, formando assim uma camada protetora. Já para os fabricantes de tintas, existem certos aditivos que, utilizados em pequenas quantidades, retardam a formação de pele. Estes aditivos, denominados antipeles, são antioxidantes voláteis, isto é, retardam a formação de pele, porém volatilizam quando a tinta é aplicada sobre uma superfície, permitindo que esta seque naturalmente.

Os aditivos reológicos têm todos a mesma finalidade: proporcionar meios seguros e práticos para regular as características de fluidez de seus produtos. Estes aditivos são de fácil incorporação e não afetam outras propriedades das tintas. Os aditivos de processo são aqueles que, durante a fase de preparação de uma tinta, venham a facilitar o processo produtivo. Um dos grupos de aditivos de processo são os surfactantes, utilizados como dispersantes durante a moagem, o que proporciona uma melhor umectação das partículas de pigmento.

Os aditivos de preservação são necessários para proteger as tintas contra contaminações biológicas, que podem ocorrer tanto no filme seco como na tinta ainda úmida, vindo assim a comprometer seriamente essas funções. Como exemplo podemos citar as tintas aquosas, que estão sujeitas a contaminações causadas por microorganismos de diversas classes, como bactérias, fungos e algas, que apresentam capacidade de sobrevivência a situações bastante críticas.

As tintas mais adequadas à utilização em sinalização viária para municípios de pequeno e médio porte são aquelas à base de resina acrílica, devido a seu baixo custo e seu rendimento satisfatório. As tintas à base de água tendem a ganhar espaço no mercado devido às suas características de preservação do meio ambiente, porém ainda não são aplicadas em grande escala, o que torna sua avaliação imprecisa, pois, em campo, alguns resultados propostos não têm sido comprovados. Conforme a NBR-11862 (16), as tintas para sinalização horizontal à base de resina acrílica possuem determinados requisitos quantitativos e qualitativos que devem ser observados. Estas especificações são determinadas de acordo com as características das vias nas quais as tintas serão aplicadas, como VDM, tipo de tráfego (leve ou pesado), tipo de via (urbana ou rural), geometria da via, tipo de substrato, condições locais, entre outros. Alguns órgãos federais, estaduais e municipais adotam requisitos diferentes daqueles contidos na NBR 11862 (16). No Apêndice I, tabela I.1, são apresentados os requisitos exigidos para tintas à base de resina acrílica utilizadas por

vários órgãos federais, estaduais e municipais. Os requisitos qualitativos exigidos para as tintas à base de resina acrílica são dados na tabela 3.6:

Requisitos qualitativos	NBR 11862 (16), DNER(42), CET(39)	DER(40), DERSA(41) e EMDEC(45)	Especificação de tinta proposta padrão (ver obs.)
Cor (notação <i>Munsell Highway</i> )			
- tinta branca	N.9.5 (tolerância N.9.0)	Idem	Idem
- tinta amarela	10YR 7,5/14	Idem	Idem
Flexibilidade	Inalterada	Idem	Idem
Sangramento	Ausência	Idem	Idem
Resistência à água	Inalterada	Idem	Idem
Resistência ao calor	Inalterada	Idem	Idem
Resistência ao intemperismo	400horas	600horas	400h(600h)(*)
- cor	Leve alteração	Inalterada	Inalterada
- integridade	Inalterada	Inalterada	Inalterada
Identificação do veículo não-volátil	O espectrograma de absorção de radiações infravermelhas deve apresentar bandas características predominantes de resinas acrílicas e estireno	Idem	Idem
Breu e derivados (NBR 5844)(34)	Ausência	Idem	Idem
<b>Obs.:</b> Especificação de tinta proposta/padrão sugerida para municípios de pequeno e médio porte, que deve ser utilizada em vias locais com VDM até 5000 veículos. Em vias arteriais ou de trânsito rápido, devem ser utilizados os valores indicados entre parênteses.			

Tabela 3.6: Requisitos qualitativos para tintas à base de resina acrílica para sinalização horizontal.

No Apêndice II são explicados de forma sucinta os ensaios e as normas utilizadas para garantia dos requisitos quantitativos e qualitativos para tintas à base de resina acrílica exigidos pela NBR-11862 (16).

Após a análise dos Apêndices I e II, concluiu-se que é importante adotar-se uma especificação padrão que contenha os requisitos quantitativos e qualitativos na aquisição de um determinado tipo de tinta. É sabido que a maioria dos municípios não possui recursos, sejam eles técnicos, sejam financeiros, suficientes para desenvolver seus próprios requisitos quantitativos. Uma forma econômica e eficaz de assegurar, então, o fornecimento deste tipo de material com qualidade é adotar as próprias especificações da NBR 11862 (16) e posteriormente contratar os serviços de um laboratório especializado, a fim de que ele proceda aos ensaios nos lotes de amostras retirados do fornecimento adquirido.

Por fim, a mesma norma NBR 11862 (16) cita que as tintas devem ser fornecidas embaladas em recipientes metálicos, cilíndricos, possuindo tampa removível com diâmetro igual ao da embalagem.

Para a aquisição de tintas, recomenda-se que elas sejam fornecidas em recipientes que tragam no seu corpo, de forma bem legível, as seguintes informações:

- Nome do produto: tinta para sinalização viária;
- Norma utilizada na fabricação;
- Nome comercial;
- Data de fabricação;
- Referência: quanto à natureza química da resina;
- Prazo de validade;
- Identificação da partida de fabricação ou lote;
- Nome e endereço do fabricante;
- Quantidade contida no recipiente, em litros;
- Nome do químico responsável.

Existem empresas fabricantes de tinta que, além de atenderem às normas da ABNT e às especificações dos demais órgãos citados, ainda possuem certificação ISO 9000, o que lhes confere um padrão de qualidade e confiabilidade de processo notadamente superior em relação às empresas que não a possuem. As empresas qualificadas para o Sistema de Qualidade ISO 9000 adotam mecanismos de qualidade conforme as exigências das normas nacionais e internacionais, em compromisso com a qualidade de seus serviços e produtos, no entanto, realizam ensaios qualitativos e quantitativos dentro de laboratórios internos e/ou externos (estes credenciados ao INMETRO), garantindo assim a qualidade de seus produtos e/ou serviços.

### 3.2.2 Microesferas de vidro

As microesferas de vidro são elementos incorporados à tinta durante ou após sua aplicação. Têm a função de refletir os raios luminosos emitidos pelos faróis dos veículos, tomando a sinalização visível durante o período noturno.

Segundo a NBR 7396 (5), a sinalização horizontal classifica-se quanto à sua retrorrefletividade como retrorrefletiva ou não-retrorrefletiva.

A sinalização é retrorrefletiva quando são adicionadas adequadamente ao material microesferas de vidro, que atuam como lentes para coletar e concentrar a luz emitida pelo farol do veículo, devolvendo-a aos olhos do motorista, o que torna a sinalização mais visível à noite. De modo análogo, a sinalização é considerada não-retrorrefletiva quando não são adicionadas ao material microesferas de vidro.

Uma vez aplicadas à pintura, as microesferas de vidro comportam-se como minúsculas lentes que coletam e concentram os raios de luz que incidem em sua superfície. Após sofrerem o efeito de refração (desvio de direção devido à mudança do meio ar-vidro), os raios de luz encontram a superfície da pintura, atingindo o pigmento integrante da tinta e sofrendo uma reflexão.

A intensidade da retrorreflexão obtida é função dos seguintes parâmetros:

- Esfericidade das microesferas;
- Granulometria;
- Qualidade e quantidade de pigmento contido na pintura;
- Índice de refração;
- Quantidade de microesferas emergentes à superfície da pintura;
- Grau de ancoragem das microesferas;
- Qualidade do vidro das microesferas;
- Tratamento superficial correto.

A retrorrefletividade pela atuação das microesferas está ilustrada na figura 3.3:

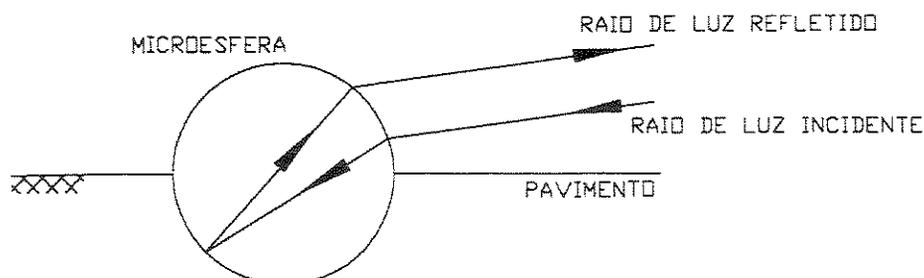


Figura 3.3: Retrorrefletividade.

Em uma sinalização não-retrorrefletiva, a não utilização de microesferas resultaria em um comportamento noturno, conforme ilustra a figura 3.4:

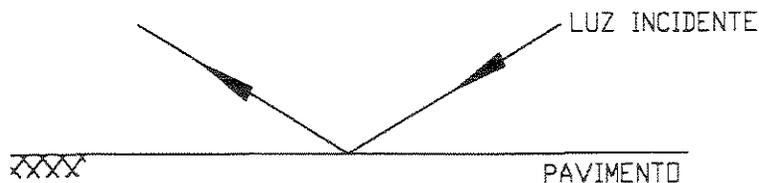


Figura 3.4: Ausência da retrorrefletividade.

As microesferas de vidros são utilizadas nos diversos processos de sinalização, porém cada processo possui características peculiares, utilizando então um determinado tipo de microesfera.

Conforme a NBR 6831 (6), as microesferas são classificadas quanto ao uso de acordo com os tipos I-A, I-B e II-A , II-B e II-C, descritos abaixo:

- a) Tipo I-A: aquelas aplicadas incorporadamente às massas termoplásticas durante sua fabricação, de modo a permanecerem internas à película aplicada, permitindo a retrorrefletorização apenas após o desgaste da superfície da película aplicada, quando se tornam expostas;
- b) Tipo I-B: aquelas incorporadas à tinta antes de sua aplicação, de modo a permanecerem internas à película aplicada, permitindo a retrorrefletorização somente após o desgaste da superfície da película aplicada, quando se tornam expostas;
- c) Tipo II-A, II-B e II-C: aquelas aplicadas por aspersão, concomitantemente com a tinta ou termoplástico, de modo a permanecerem na superfície da película aplicada, permitindo sua imediata retrorrefletorização.

Os tipos descritos estão relacionados quanto à faixa granulométrica de distribuição, ou seja, o tamanho das microesferas.

A tabela 3.7 fornece as faixas granulométricas das microesferas e suas respectivas peneiras.

No processo de pintura de pavimentos são utilizadas as microesferas do tipo I-B, que são conhecidas também como *prémix*, e do tipo II-A e II-B, que são conhecidas como tipo *drop-on*.

As microesferas tipo *prémix* são misturadas à tinta antes de sua aplicação e são pulverizadas pelo equipamento ou aplicadas manualmente junto com a tinta, passando a retrorrefletir somente após o desgaste da camada superficial da pintura.

Peneiras		Granulometria -% Passando				
		Tipo I		Tipo II		
Número	Abertura micra	A	B	A	B	C
18	1000			100		100
20	850	100		98 – 100	100	90 – 100
30	600	90 – 100		75 – 95		10 – 30
40	425				90 – 100	
50	300	18 – 35	100	9 – 35		0 – 5
70	212		85 – 100		0 – 10	
80	180			0 – 5		
100	150	0 – 10	15 – 55		0 – 5	
140	106					
200	75	0 – 2				
230	63		0 – 10			

Tabela 3.7: Faixas granulométricas das microesferas conforme NBR 6827 (10).

No caso das microesferas do tipo *drop-on* são aplicadas por gravidade ou por aspersão sobre a camada de tinta, produzindo, então, uma retrorefletividade imediata à pintura.

As microesferas tipo *drop-on* ficam fixadas na superfície da película de tinta enquanto as microesferas tipo *prémix* se alojam mais internamente ao filme aplicado.

A maioria dos filmes secos de pintura possuem espessuras maiores do que 0,30mm, tornando, portanto, mais freqüente a utilização das microesferas do tipo II-A para aplicação na camada superior da pintura.

Além das características granulométricas, as microesferas de vidro devem atender aos requisitos mostrados na tabela 3.8.

Os requisitos solicitados quanto à resistência ao cloreto de cálcio, ao ácido clorídrico, à água e ao sulfeto de sódio simulam a resistência das microesferas quando expostas à ação do tempo; o teor mínimo de sílica exigido garante uma maior fluidez quanto à aplicação das microesferas, e o índice mínimo de refração exigido garante uma melhor retrorrefletividade da microesfera.

O requisito referente à densidade determina a relação entre a massa e o volume das microesferas de vidro.

Quanto aos critérios de aparência de defeitos e esfericidade, influenciam por sua vez substancialmente o fenômeno da retrorrefletividade: na medida em que não existe esfericidade, os raios não refletem como desejado, alterando o ângulo de reflexão, promovendo a dispersão da luz e fazendo com que ela não retorne ao ponto desejado, como demonstra a figura 3.5.

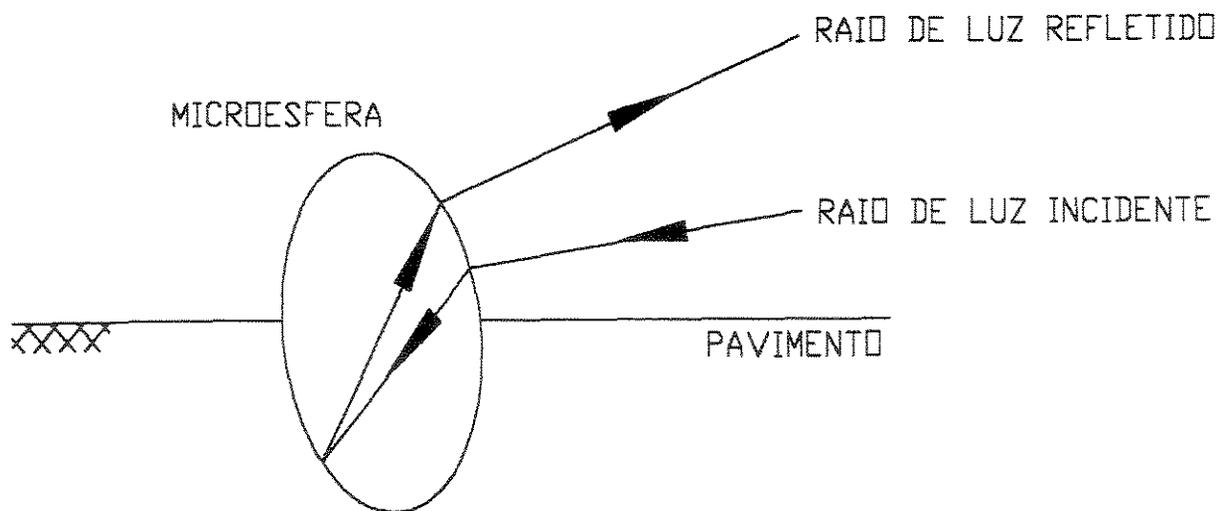


Figura 3.5: Dispersão da luz devido a não esfericidade da microesfera.

<b>Características</b>	<b>Requisitos</b>	<b>Métodos de Ensaio</b>
<b>Resistência ao cloreto de cálcio</b>	Não devem apresentar superfície embaçada.	NBR 6823 (13)
<b>Resistência ao ácido clorídrico</b>	Não devem apresentar superfície embaçada.	NBR 6824 (7)
<b>Resistência à água</b>	Não devem apresentar superfície embaçada e não devem gastar mais do que 4,5ml de HCl, 10 N para neutralização da solução	NBR 6825 (8)
<b>Resistência ao sulfeto de sódio</b>	Não devem apresentar superfície embaçada.	NBR 6826 (9)
<b>Teor de sílica</b>	No mínimo 65%.	NBR 6828 (11)
<b>Aparência e defeitos (tipos I-A; I-B; II-A e II-B)</b>	Limpas, claras, redondas, incolores e isentas de matérias estranhas. No máximo 3% podem ser quebradas ou conter partículas de vidro não fundido e elementos estranhos. No máximo 30% podem ser fragmentos ovóides deformados, geminados ou bolhas gasosas.	NBR 6829 (12)
<b>Aparência e defeitos (tipo II-C)</b>	Limpas, claras, redondas, incolores e isentas de matérias estranhas. No máximo 1% pode ser quebrado ou conter partículas de vidro não fundido e elementos estranhos. No máximo 10% podem ser fragmentos ovóides deformados, geminados ou bolhas gasosas.	NBR 6829 (12)
<b>Índice de refração</b>	No mínimo 1,50	NBR 6832 (14)
<b>Densidade de massa</b>	2,4 g/cm <sup>3</sup> e 2,6 g/cm <sup>3</sup>	NBR 6833 (15)

*Tabela 3.8: Conjuntos de requisitos exigidos para garantia da qualidade das microesferas de vidro conforme a NBR-11862(16).*

Em relação aos defeitos mais comuns, as microesferas podem se apresentar das seguintes formas:

- Aglutinadas – este defeito acontece quando, durante a fabricação das microesferas, ocorre a junção de duas ou mais unidades;
- Ovaladas – as microesferas com este tipo de defeito apresentam-se, como o próprio nome sugere, com formato oval;
- Cilíndricas – analogamente ao item anterior, as microesferas com este tipo de malformação promovem a dispersão da luz incidente.

Ou ainda com:

- Bolhas internas – as microesferas que apresentam este tipo de defeito se tornam mais enfraquecidas e mais suscetíveis a quebras e fissuras;
- Irregularidades na superfície – as microesferas que possuem este tipo de defeito promovem também a dispersão da luz incidente nelas;
- Excesso de negro de fumo – a presença de negro de fumo na microesfera de vidro torna a sua superfície opaca, impedindo a passagem dos raios de luz;
- Sujeira e corpos estranhos – identicamente ao item anterior, a presença de sujeira e corpos estranhos também impede a passagem dos raios de luz;
- Granulometria fora do especificado – este tipo de defeito causa uma má utilização das microesferas de vidro, uma vez que, conforme citado anteriormente, para cada tipo de aplicação é necessário um determinado tipo de microesfera.

Além das características anteriores, para a utilização das microesferas, devem ser atendidas as recomendações quanto a:

- quantidade utilizada;
- uniformidade de distribuição das microesferas;
- grau de ancoramento das esferas;
- método de aplicação;
- embalagem e identificação do produto.

A quantidade de microesferas utilizadas está diretamente relacionada com a retrorefletorização. A seguir são apresentadas, na tabela 3.9, as especificações de diversos órgãos e fabricantes de tintas quanto à quantidade de microesferas a serem utilizadas.

Especificação Técnica	Tipo de microesfera	
	<i>Prémix</i> (g/l)	<i>Drop-on</i> (g/m <sup>2</sup> )
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR11862 – Tinta para sinalização horizontal à base de resina acrílica. (16)	200 a 250	Mínimo de 200
DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – EM 368/97 – Tinta à base de resina acrílica para sinalização rodoviária horizontal. (42)	200 a 250	Mínimo de 200
DER – Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – 3.09 Tintas à base de resinas vinílicas ou acrílicas. (40)	200	500
DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S.A. – OP-06-23 Instrução para a aplicação de tintas e esferas de vidro para sinalização horizontal. (44)	360 a 480	300
CET – Companhia de Engenharia de Tráfego da Prefeitura Municipal de São Paulo – ET-SH-01. Execução de sinalização horizontal com tintas aplicadas pelo processo a frio (39)	200	300
Fabricante A (52)	200 a 250	250
Fabricante B (47)	200 a 350	300 a 450

*Tabela 3.9: Comparativo entre as diversas especificações de órgãos públicos nacionais e fabricantes de tintas.*

O grau de ancoramento das esferas visa garantir a correta exposição da microesfera. Como demonstrado anteriormente, a luz atravessa o vidro transparente ou translúcido, fenômeno observável no nosso dia-a-dia, com a luz do sol passando pelos vidros das janelas, tornando nossas casas iluminadas. Ocorreria o mesmo com as esferas de vidro e a luz dos faróis dos veículos, que apenas atravessaria o vidro constituinte das esferas se elas não estivessem ancoradas (parcialmente mergulhadas) na tinta. São os pigmentos ativos dos materiais, opacos, que asseguram a reflexão do

Em casos específicos, em que se comprova a ineficiência das microesferas de vidro, podem ser utilizadas as esferas de vidro (tamanho acima de 1mm), a fim de se romper o filme d'água e obter-se os resultados desejados.

Além das esferas maiores permitirem os benefícios quando a sinalização estiver molhada, estudos e a prática demonstram também que, em noites sem chuva, torna-se muito mais intensa a sua retrorefletividade em comparação com a das esferas convencionais (microesferas).

Embora a retrorefletividade aumente com o tamanho das esferas, a manutenção das esferas sobre a faixa requer o uso de cuidados técnicos mais aprimorados, como tratamentos superficiais, e eventualmente a utilização do método de dupla aspersão para aplicação, na busca do máximo desempenho do sistema, devendo-se também prover maior atenção à seleção da granulometria das esferas a serem utilizadas, a fim de se tornarem compatíveis com as espessuras das faixas de pintura aplicadas, conforme descrito anteriormente.

#### 4. MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE PINTURA E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

O processo de pintura a frio pode ser implantado de duas formas:

- Pintura manual
- Pintura mecanizada

Ambas as formas podem ser utilizadas, porém há diferenças básicas entre elas.

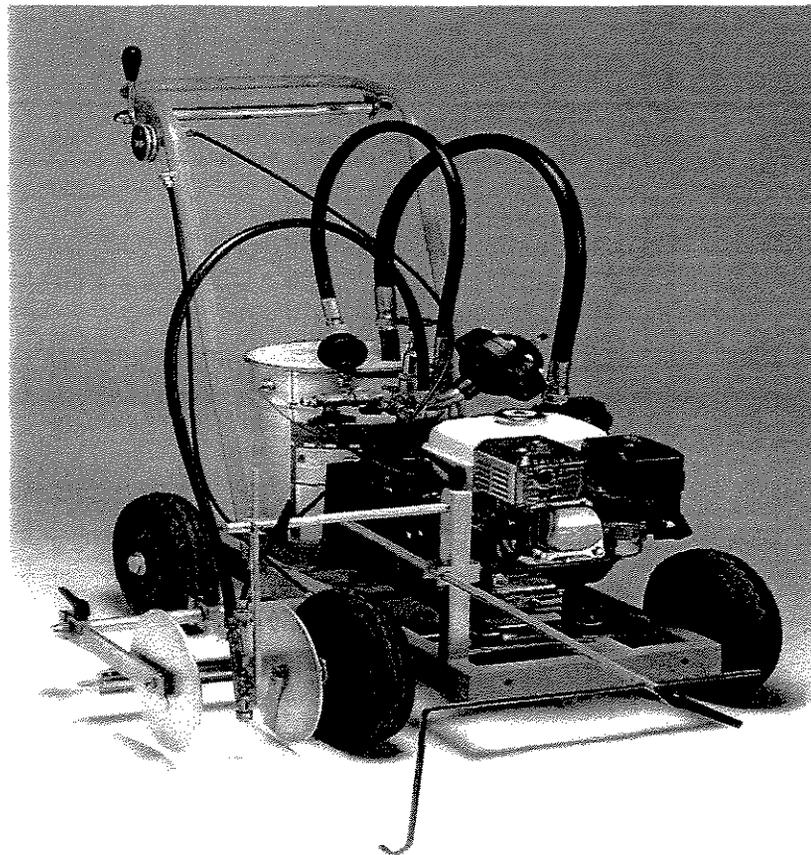
Na pintura manual, como o próprio nome diz, a tinta é aplicada na superfície do pavimento, com a utilização de pincéis ou rolos de pintura, de forma manual. Este processo não é muito recomendado devido à baixa produtividade e à susceptibilidade ao erro. A ação do indivíduo que está aplicando a pintura manualmente e a dificuldade de controle da espessura são os principais problemas deste processo.

O processo de pintura mecanizada é o mais utilizado, por possuir maior produtividade e eficiência em relação ao manual, bem como por estar menos suscetível a erros. Por este processo, a tinta é aplicada ao pavimento com máquinas apropriadas, que podem ser de deslocamento manual ou autopropelidas. Estas máquinas pulverizam a tinta no pavimento a uma determinada pressão, tornando a aplicação mais fácil e rápida. Estas máquinas apresentam opções de aplicação de microesferas por pressão ou gravidade. Existem equipamentos que possuem uma ou mais pistolas para pulverização da tinta, o que torna sua aplicação mais precisa. Os elementos que diferem um equipamento de outro são as capacidades de produção e o rendimento do serviço. Uma maior

produção está diretamente relacionada ao tamanho do reservatório de tinta, à capacidade de armazenamento do compressor de ar e à produção das pistolas de pintura. Outro fator importante a ser observado é a aplicação da tinta a uma pressão constante, como veremos mais adiante.

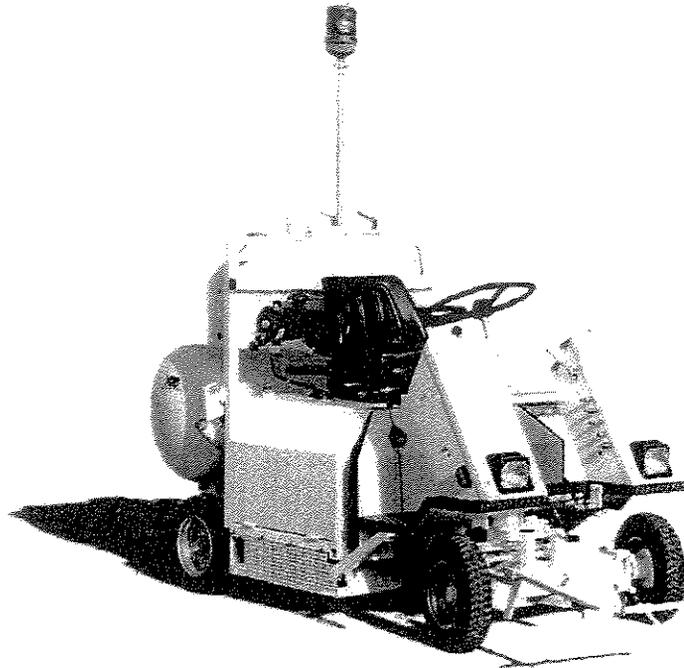
A seguir são apresentados de forma sucinta alguns modelos de equipamentos de pintura:

- a) Máquina de pintura manual: este tipo de equipamento não possui motor para sua propulsão, sendo seu deslocamento efetuado de forma manual, conforme mostra a figura 4.1. É constituído basicamente por um tanque para armazenamento da tinta com pequena capacidade (por volta de 30 litros), um compressor de ar e um motor para compressão do ar no reservatório. Utiliza-se este equipamento basicamente em serviços de pequena monta ou em locais a que os equipamentos maiores não conseguem acesso.



*Figura 4.1: Máquina de pequeno porte, deslocamento manual. Fonte: Dan Striben Aps (53).*

- b) Máquina de pintura autopropelida de pequeno porte: difere do tipo anterior apenas por possuir motor para propulsão do equipamento. Existem modelos nos quais o operador comanda o equipamento tanto em pé quanto sentado. Os componentes básicos do sistema são os mesmos do modelo de propulsão manual, porém diferem quanto às capacidades de armazenamento dos reservatórios de tinta (aproximadamente 50 litros) e de ar. A figura 4.2 apresenta modelo deste tipo de máquina.



*Figura 4.2: Máquina de pequeno porte, autopropelida– processo pneumático. Fonte: Euroliners(49).*

- c) Máquina de pintura autopropelida de grande porte ou equipamentos montados sobre chassi de caminhões: os equipamentos para pintura de grande porte são utilizados em serviços de grande extensão, em que é necessário deslocamento rápido para obter-se produtividade. Estes equipamentos possuem grande capacidade de armazenamento (tanques de aproximadamente 200 litros). Normalmente utilizam dois tanques para tinta: um para tinta branca e outro para tinta amarela, além do tanque para armazenamento de solvente para limpeza do sistema. Estes equipamentos possuem a capacidade de trabalhar com várias pistolas de pintura ao mesmo tempo. Neste porte de equipamentos existem também os

sistemas tipo *air less*. Estes sistemas são considerados os melhores, pois mantêm a pressão do sistema constante e sem o contato do ar pressurizado com os tanques de tinta (o que não ocorre nos equipamentos pneumáticos citados anteriormente), tornando a distribuição do filme de pintura mais homogênea e, desta forma, apresentando uma espessura final de filme seco mais adequada e corretamente distribuída. As figuras 4.3, 4.4 e 4.5 apresentam os tipos de equipamentos citados anteriormente.

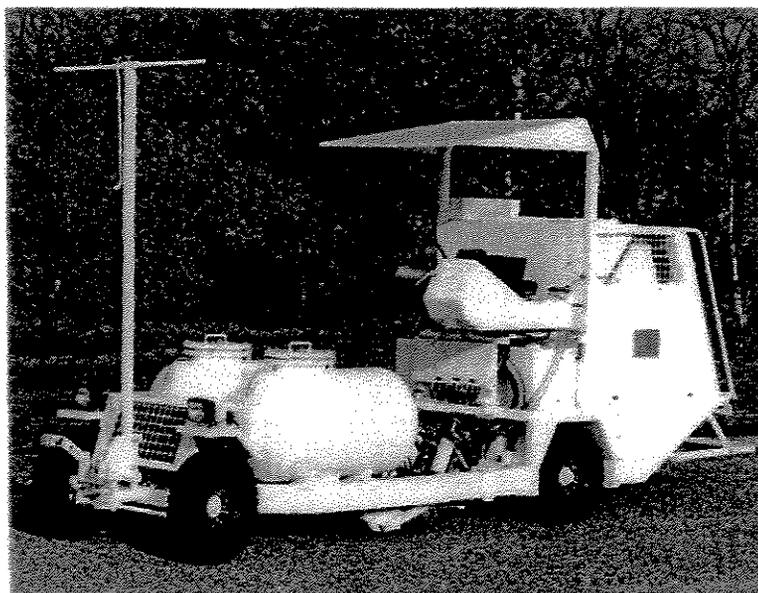


Figura 4.3: Máquina de grande porte – processo pneumático. Fonte: Euroliners (49).

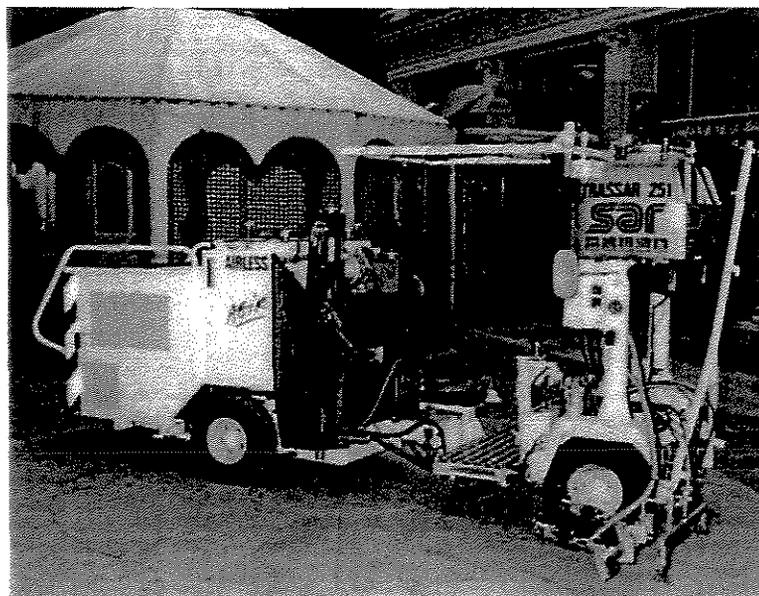


Figura 4.4: Máquina de grande porte – processo air less. Fonte: Euroliners (49).

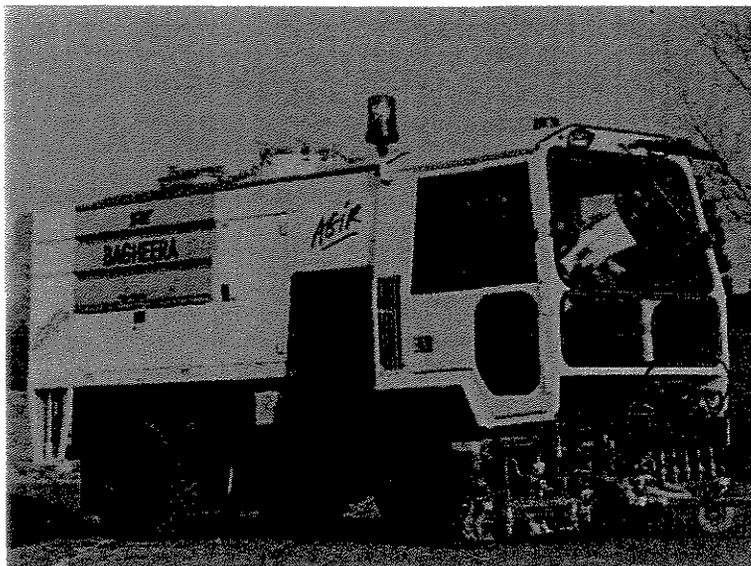


Figura 4.5: Máquina de grande porte montada sobre chassi de caminhão. Fonte: Euroliners (49).

Existem vários tipos de equipamentos para pintura, com as mais variadas combinações de acessórios: reservatórios para armazenamento das microesferas de vidro *drop-on*, pistolas de alta qualidade e produção, agitadores nos tanques de pintura, que servem para impedir que as microesferas tipo *prémix* decantem no tanque e para manter a tinta homogeneizada, e automação do equipamento de pintura, além de capacidade de armazenamento dos tanques de tinta e ar comprimido. De forma geral, um bom equipamento é aquele que atende melhor à execução do serviço especificado, cabendo ao contratante requisitar o que é mais adequado à sua especificação técnica de serviços de pintura.

No caso de municípios de pequeno e médio porte, normalmente são utilizadas, para a execução dos serviços de pintura urbana, as máquinas de deslocamento manual ou as máquinas de pintura de pequeno porte autopropelidas. Já no caso das rodovias sob jurisdição municipal, recomenda-se o uso das máquinas de grande porte autopropelidas, devido à necessidade de se sinalizar grandes extensões, necessitando-se desta forma de uma maior produtividade.

## **5. ESPECIFICAÇÕES PARA CONTROLE DE MATERIAIS E SERVIÇOS DE SINALIZAÇÃO HORIZONTAL**

### **5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

A qualidade dos materiais e do serviço de pintura viária deve ser evidenciada através de resultados de ensaios e procedimentos de verificação claros e precisos. Dentro deste objetivo, existem vários procedimentos que foram avaliados durante o desenvolvimento do presente trabalho.

Em nível nacional, foram analisados os procedimentos de organismos federais, estaduais e municipais. Os organismos rodoviários federal e estaduais, respectivamente, foram os seguintes:

- DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
- DER – Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo
- DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S.A.

Os organismos nacionais municipais analisados foram:

- CET – Companhia de Engenharia de Tráfego da Prefeitura Municipal de São Paulo
- PMS-DT– Prefeitura Municipal de Sumaré-SP, Departamento de Trânsito

Em nível internacional, foram analisados os seguintes procedimentos de organismos independentes e oficiais nos Estados Unidos:

- ITE – Instituto de Engenheiros do Transporte
- Departamento de Estradas, Estado de Nebraska – Estados Unidos
- Departamento de Transportes, Estado de Ohio – Estados Unidos
- Departamento de Transportes, Estado de Nova York – Estados Unidos

Além dos organismos citados, foram consultadas as seguintes entidades normativas:

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ASTM – Sociedade Americana para Ensaios e Materiais

A fim de analisar as informações colhidas, bem como cruzar informações, foram obtidas também informações nos catálogos técnicos de dois fabricantes de tintas:

- *Hot Line* Indústria e Comércio Ltda. – Fabricante A
- Indutil Indústria de Tintas Ltda. – Fabricante B

Foram utilizados os catálogos técnicos porque, além de servir como elementos de comparação entre as especificações de diversos órgãos estudados, uma vez que os fabricantes oferecem tintas com padrão dos organismos nacionais apresentados, em alguns casos funcionam como complemento para as informações quanto ao VDM das tintas apresentadas.

## 5.2 ESPECIFICAÇÕES DE ORGANISMOS RODOVIÁRIOS BRASILEIROS

Em nível federal, o DNER, em sua especificação EM 368/97 (42), determina uma espessura de película úmida de 0,4mm a 0,6mm. Complementarmente, na especificação ES 339/97

(41), é apresentada uma tabela para escolha do tipo de material conforme o volume de tráfego e a provável vida útil:

VOLUME DE TRÁFEGO (VDM)	PROVÁVEL VIDA ÚTIL	MATERIAL
2000 – 3000	2 anos	Acrílica ou Vinílica

Tabela 5.1: Durabilidade da pintura em função do material e do volume de tráfego.

Fonte: DNER(41).

Pode-se notar que a referida especificação não define uma única espessura de película em função do volume de tráfego e do material.

Quanto à execução dos serviços, o DNER, em sua especificação ES 339/97 (41), apresenta um critério de amostragem por estatística para o controle de qualidade da aplicação de pintura, porém, quanto à atuação no campo, não fixa nenhum procedimento na respectiva especificação sobre como devem ser retiradas as amostras.

Considerando os órgãos estaduais, o DER-SP, em seu Caderno Técnico – Especificações e métodos de ensaios de materiais de sinalização rodoviária – Especificação 3.09 (40) – determina que, em caso de não haver espessura de pintura previamente especificada, a aplicação deverá ser executada de modo a obter película úmida de, no mínimo, 0,6mm de espessura (o que corresponde a um consumo de tinta de 0,6 litros/m<sup>2</sup> ou 1,67m<sup>2</sup>/litro), sem a adição de microesferas. A tabela 5.2 apresenta a duração da pintura em meses em função do volume de tráfego e da espessura para rodovias de concessão do DER:

Espessuras úmidas em mm	VOLUMES DIÁRIOS MÉDIOS (VDM)		
	3.000 – 5.000	5.000 – 10.000	10.000 – 15.000
	Duração em meses	Duração em meses	Duração em meses
0,4	18	12	8
0,6	24	18	12

Tabela 5.2: Durabilidade da pintura em função da espessura de películas úmidas e do volume de tráfego. Fonte: DER (40).

Cabe ressaltar que as espessuras apresentadas são para rodovias, e a duração exigida refere-se ao material aplicado em linhas centrais e em linhas marcadoras de faixa ou de bordo.

Quanto à aplicação da pintura, a especificação DER-SP (40) diz que a temperatura do ar deve situar-se entre 15° e 35°C, a temperatura do pavimento não deve ser superior a 40°C e a umidade relativa do ar não deve ser superior a 80%.

A DERSA, em sua especificação OP-06-23 (44), determina uma espessura seca de tinta de 0,8mm, medida já com a adição de microesferas tipo *drop-on*.

A DERSA faz algumas restrições quanto às condições climáticas, dizendo que a temperatura ambiente deve situar-se entre 3° e 35°C, a temperatura das pistas de rolamento entre 5° e 60°C e que a umidade relativa do ar não deve ser superior a 85%. Quanto à retrorefletância, o valor inicial mínimo exigido é de 150 mcd/lx x m<sup>2</sup>, e o valor final de 75 mcd/lx x m<sup>2</sup> é admitido até o final do tempo de garantia estipulado pelo contrato.

A tabela 5.3 mostra um resumo com as informações obtidas nas especificações técnicas dos diversos órgãos rodoviários e fornecidas pelos fabricantes de tintas citados.

<b>Tinta padrão</b>	<b>Espessura (mm)</b>	<b>VDM</b>
DNER – 2 anos (42)	0,60	3000
DER – 3.09 (40)	0,60	5000
DERSA – OP-06-21(43)	0,60	10000

*Tabela 5.3: Quadro comparativo entre os tipos de tintas e seus respectivos VDMs para vias urbanas, considerando-se uma espessura fixa de película úmida.*

### 5.3 ESPECIFICAÇÕES DE ORGANISMOS MUNICIPAIS NACIONAIS

Em nível municipal, a CET-PMSP, em sua especificação ET-SH-01 (39), determina que a espessura de película úmida aplicada ao pavimento deve ser de, no mínimo, 0,8mm, e a película seca deve ser de 0,4mm, quando medida sem a adição de microesferas do tipo II (ou seja, *drop-on*). Esta espessura de película da Prefeitura Municipal de São Paulo é a que mais se aproxima da realidade dos municípios, pois é utilizada nas vias de menor movimento, que possuem características de tráfego semelhantes ou superiores às dos municípios de pequeno e médio porte.

São estes os procedimentos adotados pela CET-PMSP para aplicação e controle da pintura:

- a) Para o controle da espessura, a medição deverá ser efetuada sem a adição de microesferas do tipo II (*drop-on*);
- b) A retrorefletorização inicial mínima da sinalização deverá ser de 150 mcd/lux x m<sup>2</sup>;
- c) A tinta deve ser aplicada com temperatura ambiente variando entre 5 e 40 °C e umidade relativa do ar até 80%;
- d) A tinta deve ser aplicada de forma que não seja necessária nova aplicação para atingir a espessura especificada;
- e) Na execução das marcas retas, qualquer desvio das bordas excedendo 0,01m, em 10m, deve ser corrigido;
- f) A largura das marcas deve obedecer ao que foi especificado no projeto, admitindo-se uma tolerância de mais ou menos 5%;
- g) As microesferas utilizadas devem ser adicionadas em duas etapas:
  - tipo IB – incorporadas à tinta antes da sua aplicação à razão mínima de 200g/l de tinta;
  - tipo II – aplicadas por aspersão concomitantemente com a aplicação da tinta à razão mínima de 300g/m<sup>2</sup>.

A pintura executada será medida após cada serviço, e as quantidades serão apuradas da seguinte maneira:

- na medição de letras, símbolos ou algarismos será computada a área do retângulo envolvente;
- todas as demais medições serão calculadas tomando-se por base as áreas efetivamente pintadas.

A durabilidade da sinalização aplicada (material e aplicação ou somente aplicação) sobre pavimentos asfálticos, suportando tráfego de até 10.000 (dez mil) veículos/faixa x dia, independentemente dos ensaios e das vistorias, deverá ser conforme segue:

- 6 (seis) meses para 100% da metragem total aplicada de cada ordem de serviço;
- 9 (nove) meses para 80% da metragem total aplicada de cada ordem de serviço;
- 12 (doze) meses para 60% da metragem total aplicada de cada ordem de serviço.

O controle de espessura da película, conforme a CET-PMSP, poderá ser realizado por meio da coleta de amostras por empresa contratada. O material deverá ser colhido durante a aplicação em chapa de folha de flandres (500 x 200 x 0,25mm), sem adição de microesferas do tipo II. Deverão ser realizadas, no mínimo, 10 medidas em cada chapa, e o resultado expresso pela média aritmética das medidas.

A espessura da película deverá ser medida em laboratório com relógio comparador ou outro instrumento adequado; a medida da retrorrefletorização deverá ser efetuada por funcionário da CET-PMSP ou empresa contratada, com aparelhos do tipo:

- *retroreflectomer* 710 da Erichsen/1.p.1;
- *mirolux* 12 da Miro-Bran Assemblers, INC.

A retrorrefletorização da sinalização deverá ser medida em campo, imediatamente antes da liberação do tráfego e após uma varrição para retirada do excesso de microesferas, sendo observado o seguinte critério:

- faixas – 1 (uma) medida a cada 2 (dois) metros lineares;
- símbolos – 3 (três) medidas em cada símbolo;
- legendas – 1 (uma) medida em cada caractere.

O resultado obtido deverá ser expresso pela média aritmética das medidas de cada tipo de serviço.

A Prefeitura Municipal de Sumaré-SP, cidade de pequeno porte, possui duas especificações de tinta. O padrão utilizado pela DERSA em sua especificação OP-06-21 (43) é aplicado nas vias arteriais, e a tinta padrão ABNT - NBR 11862 (16) nas demais vias. Tais padrões foram adotados devido às características técnicas encontradas em ambas as especificações: elas atendem de forma satisfatória às solicitações do tráfego local. As duas especificações utilizam como padrão a espessura úmida de 0,6mm, sem a adição de microesferas de vidro do tipo *prémix* e *drop-on*. Somente após as devidas regulagens do equipamento é que se adicionam as microesferas tipo *prémix* na proporção de 4kg para cada balde de 18 litros. Após a aplicação da película, são aplicadas microesferas tipo *drop-on* na proporção de 250g por metro quadrado de pintura. Como critério de medição, utiliza-se a coleta de amostras em placas de vidro de dimensões 300mm x 250mm x 3mm. As amostras são coletadas em intervalos de 50 metros lineares. Após a coleta, as amostras são submetidas à medição da espessura úmida através do medidor em degraus ou pente.

Todos os órgãos citados anteriormente consideram os seguintes requisitos gerais para a aplicação da pintura:

- As equipes de pintura deverão possuir todos os EPIs – Equipamentos de Proteção Individual necessários para a execução dos serviços;
- A tinta pode ser aplicada pelo processo de aspersão pneumática, através de equipamento automático ou manual, conforme o tipo de pintura a ser executada;
- As equipes de pintura deverão portar termômetro e higrômetro portáteis para efetuar o controle de temperatura ambiente e umidade relativa do ar;
- Os serviços de sinalização devem ser executados quando o tempo estiver bom, ou seja, sem ventos excessivos, poeiras ou neblina;

- Todos os serviços de execução de sinalização horizontal somente deverão ser iniciados após a instalação de sinalização de segurança (cones, cavaletes, dispositivos refletivos e piscantes) necessária;

- A superfície a ser pintada deve estar perfeitamente limpa, isenta de impurezas ou detritos que possam prejudicar a aderência da tinta ao pavimento;

- A tinta a ser utilizada deverá ser submetida a ensaios de laboratório para garantia das características técnicas do produto. É permitida a adição de solvente adequado ao tipo de resina da tinta, na quantidade máxima de 5% do volume da tinta, a fim de corrigir a viscosidade no caso da utilização de microesferas do tipo *prémix*;

- A pintura deverá ser protegida da ação do tráfego durante o tempo de secagem.

#### 5.4 ESPECIFICAÇÕES PROPOSTAS POR FABRICANTES DE TINTAS NACIONAIS

Os fabricantes de tintas possuem fórmulas desenvolvidas para atender cada uma das especificações anteriores. A seguir são analisados seus catálogos técnicos, a fim de se comparar as informações citadas anteriormente, bem como acrescentar outras.

Considerando-se o fabricante A (52), em seu boletim técnico referente à tinta padrão DNER-02 anos, são apresentados os mesmos dados fornecidos pelo DNER para rodovias, porém, para vias urbanas, a espessura de película úmida recomendada é de 0,6mm para um VDM até 3.000 veículos. As mesmas informações são obtidas no catálogo do fabricante B (47).

O fabricante A (52), em seu boletim técnico referente à tinta padrão 3.09 – Tinta à base de resinas vinílicas ou acrílicas do DER-SP –, cita que ela pode ser utilizada em rodovias com VDM até 10.000 veículos, informando que, para a obtenção deste resultado, é necessária a aplicação de uma película úmida com espessura entre 0,4mm e 0,6mm, não informando uma espessura única. No

caso de vias urbanas com VDM até 5.000 veículos, a espessura úmida recomendada é de 0,6mm. Todos os dados anteriores são apresentados pelo fabricante B (47), cujo produto também atende às especificações DER – 3.09, com exceção ao VDM para rodovias, que, segundo este fabricante, é de até 20.000 veículos.

Considerando-se o padrão DERSA, segundo o fabricante A (52), em seu boletim técnico referente à tinta padrão DERSA-OP-06-21 (43), pode ela ser utilizada em rodovias com VDM até 30.000 veículos, porém o fabricante não cita para qual espessura aplicada. Já no caso de vias urbanas, a espessura úmida recomendada é de 0,6mm para um VDM de até 10.000 veículos. As mesmas observações são encontradas no catálogo do fabricante B (47), que também atende a esta especificação.

O fabricante A (52), em seu boletim técnico referente à tinta padrão ET/SH/02 – Tinta à base de resina acrílica para sinalização horizontal – e à NBR 11862 – Tinta para sinalização horizontal à base de resina acrílica –, cita que a tinta padrão CET-PMSP pode ser utilizada em rodovias com VDM até 10.000 veículos, informando que, para a obtenção deste resultado, é necessária a aplicação de uma película úmida com espessura entre 0,4mm e 0,8mm, não informando uma espessura única. No caso de vias urbanas com VDM até 5.000 veículos, a espessura úmida recomendada varia de 0,6mm a 0,8mm. Todos os dados anteriores são apresentados pelo fabricante B (47), que também atende às especificações CET-PMSP.

## 5.5 ESPECIFICAÇÕES DE ORGANISMOS ESTRANGEIROS

As tintas para demarcação viária utilizadas no exterior possuem formulação diferente das utilizadas no Brasil, pois atendem a diferentes exigências climáticas e ambientais.

As necessidades climáticas são evidentes, devido à grande variação que existe entre a temperatura de um país de clima tropical como o Brasil e a de um país da Europa ou da América do

Norte. Quanto às questões ambientais, as tintas utilizadas nestes países possuem baixos teores de componentes orgânicos voláteis, ou seja, são conhecidas como tintas de *Low VOC* (baixo VOC) (*Volatile Organic Compounds* – Compostos Orgânicos Voláteis). No mercado de tintas, VOC significa quantidade em massa de solventes orgânicos presentes em um volume de tinta ou resina, expresso em gramas por litro ou libras por galão. Como visto anteriormente, as tintas possuem uma parcela de solventes que são conteúdos de compostos orgânicos. Os solventes, ao deixarem a camada de tinta, vão para a atmosfera, contribuem para a poluição ambiental, afetam a saúde dos pintores e aumentam os riscos de incêndio e explosões no ambiente de trabalho. Por este motivo, nos países mais desenvolvidos, houve um aperfeiçoamento dos solventes: eles passaram a ter maior poder de solvência; as resinas passaram a possuir maior solubilidade e novos aditivos foram desenvolvidos pelos fabricantes de matérias-primas, permitindo então a diminuição da quantidade de solventes na formulação das tintas e também menor quantidade de diluentes adicionados no momento da aplicação. Estas tecnologias permitiram a fabricação de tintas com menos solventes, mas que podem ser aplicadas com a mesma facilidade que tintas convencionais com altos teores de solventes. Estas tintas são conhecidas como tintas de alto teor de sólidos e de baixo VOC.

Pelas razões expostas, este trabalho não apresentará as características técnicas das tintas utilizadas no exterior, focando apenas as espessuras de pintura utilizadas pelos diversos órgãos consultados, bem como os critérios de controle e a execução de serviços.

O Departamento de Estradas do Estado de *Nebraska* (50) cita em suas especificações de pintura que a tinta a ser aplicada deve atender às condições de temperatura existentes na hora da aplicação. A mesma especificação diz que a tinta não pode ser fornecida diluída e tem que ser compatível com a aplicação de microesferas do tipo *drop-on*; a superfície a ser pintada deve estar isenta de materiais estranhos que possam comprometer a aderência da tinta, e a pintura deve ser aplicada sobre o pavimento seco e possuir uma espessura seca de aproximadamente 0,30mm. Não é fornecida nesta especificação o VDM para o qual esta espessura corresponde nem se a utilização é para vias urbanas ou rodovias.

O Instituto de Engenheiros de Transporte, em seu Manual de Engenharia de Transportes e Tráfego (46), cita que, na maioria dos Departamentos de Estado nos Estados Unidos, a espessura do filme úmido de tinta é 0,38mm, sendo as esferas de vidro do tipo *drop-on* aplicadas à taxa de

0,7kg/litro, conforme citado anteriormente. O mesmo instituto sugere que sejam efetuados testes laboratoriais e de serviço e que, além da análise laboratorial dos componentes das tintas, sejam analisadas a cor, a aparência durante o dia, as condições do filme de pintura, a taxa de retenção de microesferas e a reflectância da tinta.

Este mesmo órgão aponta como as causas principais da falha prematura da pintura:

- Limpeza insuficiente do pavimento;
- Adulteração da tinta;
- Pavimento úmido;
- Aplicação em dias de vento ou quando a temperatura está abaixo de 5°C;
- Espessura insuficiente da película.

A norma *ASTM-D713-98 Conducting Road Service Tests on Fluid Traffic Marking Materials* (Procedimentos de testes de serviços em estradas para materiais fluidos de demarcação de tráfego) (1) apresenta uma avaliação acelerada sobre a retenção de microesferas e características de resistência ao desgaste de tintas para demarcação viária. Os locais escolhidos para teste devem possuir tráfego moderado e com fluidez, serem isentos de frenagens bruscas e movimentos curvos, ter as condições climáticas as mais uniformes possíveis, com boa exposição ao sol durante todas as horas do dia e boa drenagem superficial.

A norma citada no parágrafo anterior, recomenda que o teste seja realizado entre 10h e 15h, registrando-se a temperatura local de hora em hora. Um painel metálico de dimensões 300 x 300mm e espessura de 1,5mm é utilizado. Imediatamente depois que a linha de teste é aplicada pela máquina, lê-se a espessura do filme. Se a espessura do filme não for satisfatória, ajusta-se a pressão do spray e repete-se até ser alcançada a espessura desejada do filme úmido. A norma cita a importância de não existirem esferas de vidro ou outros materiais presentes que possam dar uma impressão falsa à leitura do filme. Quando a espessura do filme estiver correta, aplica-se a linha de teste transversalmente a um placa de metal com peso conhecido e pesa-se imediatamente. A balança deve estar rigorosamente aferida e isolada contra o vento, deve possuir capacidade para 1500g, com 0,1g ou menos de sensibilidade. O peso da faixa de pintura de 100 x 300mm sem consideração da evaporação do solvente é obtido pela medida direta do peso da placa com o filme aplicado.

Logo após o procedimento anterior, aplica-se uma outra linha de teste em uma placa de peso conhecido com a máquina de pintura, desta vez com adição de esferas de vidro, e pesa-se imediatamente. A diferença de peso entre esta medida e a encontrada no procedimento anterior demonstra a quantidade de microesferas de vidro no painel. O processo deverá ser repetido caso haja necessidade do ajuste da taxa de aplicação das esferas.

Após as medidas descritas, aplicam-se então faixas de teste de 100mm na largura transversal da via. As faixas de teste podem ser aplicadas ao pavimento em um ângulo de 45° da direção do tráfego, ou longitudinalmente em cada caminho de roda, de modo a incrementar o contato com o tráfego.

As faixas são aplicadas com uma máquina de pintura similar ao equipamento de produção que será utilizado. Aplicam-se as faixas de teste no mínimo em duas seções para cada superfície selecionada, de modo a se ter garantias contra problemas de superfícies de rodagem não detectados.

Quando mais de uma amostra é testada em mais de um local, deve-se mudar a seqüência de locação para minimizar o efeito da hora do dia e o período de tempo antes da cobertura de teste ser aberta ao tráfego. Aplicam-se no mínimo duas linhas para cada amostra para obter-se resultados estatísticos mais confiáveis.

A placa de peso conhecido utilizada para medir a taxa de esferas de vidro pode ser colocada na trilha de roda de uma linha de aplicação como dupla checagem sobre material e taxas de aplicação de esferas. Pesos entre esta leitura e a encontrada anteriormente não podem variar mais que 0,5g.

As linhas de teste da superfície de rodagem devem apresentar uma variação de espessura de filme úmido de  $\pm 0,013$ mm da especificação desejada. Se nenhuma espessura úmida de filme for especificada, este procedimento recomenda a utilização de 0,38mm e sugere a adição de aproximadamente 0,7kg/litro de microesferas de vidro do tipo *drop-on* no filme de pintura.

Como critério de avaliação de performance, o procedimento determina os seguintes ensaios:

- *Auto-No-Track Time*;
- Aparência;
- Durabilidade;
- Visibilidade noturna;
- Durabilidade e vida útil.

O *auto-no-track time* consiste na passagem de um carro de passeio padrão com banda de rodagem regular sobre uma faixa de teste recentemente aplicada. Este método analisa o tempo de secagem da tinta no campo. A linha de teste é aplicada à mesma temperatura, à mesma espessura do filme e à mesma taxa de esferas de vidro das especificações anteriores. O *auto-no-track time*, ou tempo de secagem, é medido quando a temperatura do pavimento está entre 15° e 50°C e sobre condições determinadas de umidade relativa do ar.

A norma citada no parágrafo anterior aponta a existência de um teste laboratorial de *no-track time* descrito no Método de Teste ASTM - D711 (3), porém questiona sua utilização por se tratar de um teste de controle de laboratório e com pouca ou nenhuma correlação com resultados de campo. A crítica está baseada no fato de algumas pinturas terem a tendência de formar pele rapidamente, permitindo que as amostras atinjam mais rapidamente o tempo de secagem especificado para os testes de laboratório, os quais são diferentes do tempo encontrado na superfície de rodagem.

O ensaio de **aparência** nada mais é do que a impressão do observador sobre as condições gerais das linhas de teste quando vistas sem nenhuma inspeção detalhada, a uma distância de no mínimo 3m. É uma análise de satisfatório ou não-satisfatório sentida pelo observador. Isto inclui uma comparação de cor da superfície em relação à cor original, considerando-se o amarelamento, o sangramento, o escurecimento, o desgaste, o acúmulo de sujeira, etc. Esta determinação é feita em cada trilha de roda em uma área de extensão de 229mm de cada lado do ponto de maior desgaste. A aparência é taxada de aceitável ou não-aceitável.

A **durabilidade** é uma determinação efetuada em cada trilha de roda numa área de extensão de 229mm (9 polegadas) de cada lado do ponto de maior desgaste. O percentual de pintura remanescente no pavimento é considerado como o percentual de área prescrita na faixa de teste no qual o substrato não está exposto. As avaliações são efetuadas de acordo com a ASTM - D913 – Métodos de Teste para Avaliação do Grau de Resistência ao Desgaste de Pintura de Tráfego (2). Na ausência de especificações, recomenda-se que as falhas apresentem taxa menor do que 4 (menos de 40% de material remanescente no pavimento), conforme dita o procedimento citado.

A **visibilidade noturna** demonstra o brilho aparente quando ele é examinado à noite sobre iluminação de tungstênio ao lado da estrada, com olho e fonte de luz separadas por 1.1/2” (40mm), o que corresponde a um ângulo de observação de aproximadamente  $\frac{1}{2}^{\circ}$ . Determinações de visibilidade noturna são feitas em áreas de trilhas de roda usadas para avaliação de durabilidade e são baseadas em um fator de 10 para um painel padrão abrigado próximo à faixa de teste e 0 para nenhum brilho aparente. Na ausência de especificações, as falhas devem apresentar taxas menores que 4.

A **durabilidade** e a **vida útil** são determinadas pelo número de dias de duração entre a data em que a amostra foi aplicada na superfície de rodagem e a data em que alguma das medições designadas apresentam falhas por estarem abaixo da taxa mínima especificada.

O método, por fim, apresenta um procedimento de avaliação dos resultados conforme descrito a seguir:

Devem-se efetuar inspeções periódicas nas seções de teste de acordo com os itens referentes a aparência, durabilidade e visibilidade noturna da seção anterior. Registra-se a cada inspeção a aparência geral diária (incluindo cor), as condições do filme e a visibilidade noturna (retrorefletância).

As linhas de teste devem ser inspecionadas em intervalos regulares mensais. Elas deverão ser avaliadas até apresentarem falhas. Se isto ocorrer, elas deverão ser avaliadas a cada duas semanas (se o tempo permitir). Diferentes tipos de pintura e marcas de tráfego não podem se desgastar de uma maneira linear, conseqüentemente não é possível extrapolar a falha em datas

intermediárias. O inverno é o ponto máximo de avaliação das linhas de teste (no caso dos Estados Unidos).

Uma vez conhecida a durabilidade e a vida útil, e satisfazendo-se as demais condições de qualidade analisadas, avalia-se o custo de cada tipo de pintura.

O Departamento de Transportes do Estado de Nova Yorke, em sua especificação *EI 99-021* (37), sugere um aumento da espessura da pintura em pavimentos novos, a fim de aumentar a vida útil das pinturas aplicadas. A mesma especificação mantém a posição de que em pavimentos existentes se continue adotando a espessura úmida de 0,38mm e sugere a utilização de 0,51mm de espessura úmida para pavimentos novos, porém em sua seção 640 – *Reflectorized pavement marking paints* Pintura refletorizada para demarcação de pavimentos –, indica a utilização de tintas com baixo VOC, apresentando as mesmas recomendações dos outros órgãos apresentados quanto à limpeza do pavimento antes da pintura e aos equipamentos para sua aplicação. Esta especificação faz referência quanto às condições climáticas, citando que as temperaturas ambientais e da superfície do pavimento não podem estar inferiores a 10°C, a umidade relativa do ar não pode exceder a 85%, a superfície do pavimento deve estar completamente seca e que a pintura não pode ser aplicada sob chuva ou na sua iminência; a mesma especificação sugere ainda a aplicação de esferas de vidro do tipo *drop-on* no mesmo padrão adotado pelo ITE.

Por último, o Departamento de Transportes do Estado de *Ohio*, em sua especificação 642 (54), apresenta praticamente as mesmas exigências do Departamento de Transportes do Estado de Nova Yorke, divergindo apenas quanto às temperaturas ambientais e da superfície do pavimento, que não podem ser inferiores a 5°C quando da aplicação da pintura.

## 5.6 ANÁLISE CRÍTICA DAS ESPECIFICAÇÕES PESQUISADAS

A maioria dos municípios possui um VDM em suas vias que não excede a ordem dos 10.000 veículos para as vias de maior movimento (no caso vias arteriais e de trânsito rápido) e aproximadamente 3.000 veículos para as vias coletoras e locais.

Por este motivo, analisando-se as diversas especificações dos organismos nacionais – federal e estaduais –, complementadas pelos catálogos técnicos dos fabricantes, é possível concluir que, para municípios de pequeno e médio porte, algumas referências poderiam ser aproveitadas.

A espessura de película de 0,6mm úmida, medida sem a adição de microesferas de vidro, sugerida na tabela 5.3, está bem próxima da realidade dos municípios. A realidade mostra que os pequenos e médios municípios apresentam um tráfego com características de baixo VDM, porém de alta solicitação à pintura aplicada sobre o pavimento devido às constantes frenagens, acelerações e desacelerações dos veículos e locais com curvas de geometria acentuada. Estes locais proporcionam maior tração dos pneus ao pavimento, entre outros fatores.

Desta forma, portanto, torna-se mais usual aos municípios a adoção de uma película úmida de 0,60mm, uma vez que, sendo aplicada nesta espessura, ela não compromete seu tempo de secagem e liberação ao tráfego, bem como permite uma boa ancoragem das microesferas de vidro do tipo *drop-on*.

Outro item analisado são as tintas, que representam o fator principal para um bom desempenho da pintura. Todos os organismos nacionais e internacionais, apesar de divergirem quanto às especificações de tintas, pois cada um possui suas peculiaridades, convergem no sentido de se garantir a qualidade das tintas por análises físico-químicas laboratoriais. É com estas análises que se garantem as especificações técnicas propostas de cada produto, sendo, portanto, de fundamental importância sua realização.

Considerando que os municípios não possuem laboratórios com os equipamentos necessários para a realização dos ensaios em tintas, é recomendável que se contratem os serviços de um laboratório de idoneidade reconhecida, a fim de efetuar tais serviços.

Quanto à aplicação da tinta, a *ASTM-D713-98* – Procedimentos de testes de serviços em estradas para materiais fluidos de demarcação de tráfego – (1) apresenta um método de ensaio no campo que avalia o desempenho do material sob ação do tráfego, a qual não é utilizada aqui no Brasil.

Especificamente no caso dos municípios, com a estruturação de seus organismos de trânsito, os ensaios de campo podem e devem ser efetuados, a fim de se criar um histórico de materiais que sejam mais adequados à situação de cada local. É necessário que cada município desenvolva seu próprio histórico, uma vez que o tráfego e suas características divergem de um município a outro, tornando necessárias certas atuações localizadas da engenharia de tráfego, que, com certeza, irão basear-se em experiências anteriores já registradas. Importante se faz citar que o ideal é a realização do ensaio laboratorial aliado ao ensaio de campo.

Como forma de iniciar um trabalho, cada município poderá adotar uma especificação de padrão de tinta, seja ela do DNER, do DER, da DERSA, da ABNT, seja a que é proposta mais adiante neste trabalho. Ao longo da execução dos trabalhos de pintura, pelo registro do histórico dos serviços, pode-se desenvolver outro tipo de especificação, ou até mesmo a utilização de dois tipos diferentes de tintas para vias de classificação diferentes.

Quanto à execução dos serviços, todos os organismos consultados (nacionais e internacionais) apresentaram-se bastante consensuais, adotando praticamente os mesmos procedimentos para preparação do pavimento antes da pintura, tanto quanto à utilização de equipamentos como quanto ao controle de pintura, com destaque para a CET que, em sua especificação ET-SH-01 (39), apresentou de forma bem detalhada o mecanismo de controle para execução de pintura.

A *ASTM -D713-98* (1) apresenta uma forma de controle da taxa de aplicação de microesferas de vidro que pode ser adaptada para se controlar a espessura da película (seca ou úmida), caso o município já possua uma balança com a precisão necessária.

A Prefeitura Municipal de Sumaré – SP possui uma especificação que, apesar de simples, permite um pequeno controle de espessura do filme úmido, porém necessário se faz introduzir-lhe melhoras, na busca constante do incremento do histórico de serviços já implantados. Outra característica da especificação da Prefeitura de Sumaré – SP é que ela utiliza a tinta padrão DERSA nas vias arteriais, por se tratar de uma tinta com maior teor de sólidos que as outras apresentadas. Isto faz com que a tinta aplicada possua uma maior durabilidade quanto à ação do tráfego, porém, com os estudos que estão sendo realizados, pode-se adotar uma tinta com especificação inferior, mas que atenda satisfatoriamente às características das vias de menor solicitação, trazendo, portanto, uma redução aos custos da pintura a ser implantada.

Com a implantação de estudos constantes visando a melhoria e o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, com os métodos de análise de desempenho citados, pode-se criar um sistema de gerenciamento de sinalização horizontal para os municípios de pequeno e médio porte, o qual propiciará uma programação futura de investimentos, favorecendo a administração, ajudando-a a coordenar de forma mais eficaz o investimento dos recursos disponíveis.

Considerando a carência técnica encontrada em vários municípios de pequeno e médio porte, propôs-se um experimento para execução e controle de pintura a frio para municípios de pequeno e médio porte no capítulo 7, cujos resultados e análises encontram-se no capítulo 8.

Como resultado das pesquisas desenvolvidas, a fim de atender a deficiência observada em municípios de pequeno e médio porte, foi desenvolvida uma especificação de material e serviços de pintura a frio apresentada no Apêndice III.

## 6. CONTROLE DE MATERIAIS E SERVIÇOS EM SINALIZAÇÃO HORIZONTAL PELO PROCESSO A FRIO

### 6.1 MÉTODOS DE CONTROLE QUALITATIVO E QUANTITATIVO DE MATERIAIS

Uma vez conhecidos de forma geral todos os componentes de uma tinta, necessário se faz conhecer os ensaios para a garantia da sua qualidade. As tintas, conforme determina a ABNT – NBR 11862 (16) –, são avaliadas quantitativa e qualitativamente.

Os requisitos quantitativos são os seguintes:

- Consistência;
- Estabilidade na armazenagem;
- Matéria não-volátil, porcentagem em massa;
- Pigmento, porcentagem em massa; dióxido de titânio ( $T_iO_2$ ), porcentagem em massa no pigmento e cromato de chumbo ( $P_bC_rO_4$ ), porcentagem em massa no pigmento;
  - Veículo não-volátil, porcentagem em massa no veículo e veículo total, porcentagem em massa na tinta;
  - Tempo de secagem, *No Pick Up Time*, minutos;
  - Resistência à abrasão;

- Massa específica, g/cm<sup>3</sup>;
- Brilho a 60°, unidade.

O ensaio de **consistência**, na prática, determina a viscosidade ideal da tinta. Apresentando-se em sua viscosidade, torna-se mais fácil aplicar a tinta, permitindo que ela possa se distribuir de forma homogênea, gerando uma película mais uniforme sobre o substrato. (A norma que rege este ensaio é a ABNT-NBR 12027(17)).

O ensaio de **estabilidade na armazenagem** simula o aumento da viscosidade do material durante o seu período de vida útil na estocagem (a norma que rege este ensaio é a ABNT-NBR 12027(17)). Já no ensaio de **matéria não-volátil, porcentagem em massa**, determina-se a parte sólida da tinta, ou seja, o material que resulta na espessura seca do filme de tinta depois da evaporação da matéria volátil. Fazem parte da matéria não-volátil da tinta os pigmentos, as cargas, as resinas sólidas e os aditivos sólidos (a norma que rege este ensaio é a ABNT-NBR 12028 (18)). O ensaio de **pigmento total, porcentagem em massa** determina a quantidade total de pigmentos e cargas presentes na tinta (para a realização deste ensaio, utiliza-se a ABNT-NBR 12029 (19)). Uma vez realizado o ensaio anterior, executam-se os ensaios de **dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>), porcentagem em massa no pigmento**, em que se separa a quantidade total de dióxido de titânio presente na tinta (a norma que rege este ensaio é a ABNT-NBR 12030 (20)) e o de **cromato de chumbo (PbCrO<sub>4</sub>), porcentagem em massa no pigmento**, que consiste na separação da quantidade total de cromato de chumbo presente na tinta (ensaio prescrito na norma ABNT-NBR 12031(21)).

Pelo ensaio de **veículo não-volátil, porcentagem em massa no veículo**, determina-se a parte sólida (não-volátil) presente na resina, que é chamada de veículo (a norma utilizada para este ensaio é a ABNT-NBR 12032(22)).

O ensaio de **tempo de secagem, No Pick Up Time**, minutos tem por finalidade simular o tempo de secagem de uma determinada amostra de tinta, ou seja, o tempo após o qual ela poderá ser exposta à ação do tráfego de veículos (a norma que prescreve este ensaio é a ABNT-NBR 12033(23)). No ensaio de **resistência à abrasão**, simula-se em laboratório o desgaste que a tinta sofrerá quando submetida ao tráfego de veículos (a norma utilizada para este ensaio é a ABNT-NBR 12034(24)). Já o ensaio de **massa específica, g/cm<sup>3</sup>** determina a densidade da tinta. Tal informação

é importante tanto para garantir a qualidade da tinta quanto a sua aplicabilidade (a norma utilizada para este ensaio é a ABNT-NBR 5829(32)).

Pelo ensaio de **brilho a 60°, unidade**, analisa-se o brilho que a tinta emite, considerando-se um ângulo de visão de 60° (a norma utilizada para este ensaio é a ABNT-NBR 12035(25)).

Os requisitos qualitativos são:

- Cor (notação *Munsell Highway*);
- Determinação da flexibilidade;
- Determinação do sangramento;
- Determinação da resistência à água;
- Determinação da resistência ao calor;
- Determinação da resistência ao intemperismo.

No caso de tintas para sinalização viária, são consideradas as seguintes notações *Munsell*:

- Branca: Dióxido de Titânio Rutilo, ref. *Munsell* N9,5;
- Amarela: Cromato de Chumbo, ref. *Munsell* 10YR7,5/14;
- Vermelha: Óxido de Ferro e outros pigmentos, ref. *Munsell* 2,5R4/14;
- Azul: Azul Ftalocianina, ref. *Munsell* 5PB2/8;
- Preta: Negro de Fumo, ref. *Munsell* N1,0 ou N0,5.

Na prática, este ensaio garante que a tinta está dentro do padrão de cores utilizado em demarcação viária.

O ensaio de **determinação da flexibilidade** consiste em aplicar uma película de filme de 0,38mm de espessura sobre uma folha de flandres. Após secagem, submete-se a pintura a esforços consecutivos de dobramento e desdobramento durante determinado período de tempo, conforme descrito no método. Como resultado, a tinta não deve fissurar, lascar ou descolar após ter sido feito o ensaio (a norma utilizada para este ensaio é a ABNT-NBR 12036(26)).

Na **determinação do sangramento**, a sangria analisada pela ABNT-NBR 12037 (27) é a migração do asfalto provocada pela ação do solvente integrante da tinta, quando aplicada em corpo-de-prova de mistura asfáltica, promovendo mudança perceptível de cor da tinta. Simula, na prática, o teor de agressão que o solvente da tinta provoca sobre o pavimento asfáltico.

A **determinação da resistência à água** é efetuada inserindo-se metade de uma placa pintada em água destilada. Ao final do experimento, a tinta não deve apresentar sinais de amolecimento, emplamento ou outras evidências de deterioração, apenas uma pequena perda de brilho (a norma que regula este ensaio é a ABNT-NBR 12038(28)).

Na **determinação da resistência ao calor** reproduz-se em laboratório a resistência da pintura sobre as temperaturas que o pavimento está sujeito a atingir (a norma utilizada para este experimento é a ABNT-NBR 12039 (29)).

A **determinação da resistência ao intemperismo** analisa a ação do sol e da chuva sobre as pinturas, as quais sofrem problemas de envelhecimento devido a radiações ultravioleta e infravermelha (a norma ABNT-NBR 12040 (30) prescreve este ensaio).

Antes da realização dos ensaios anteriores deverão ser utilizadas ainda as normas ABNT-NBR 6312 (35), a ABNT- NBR 5839 (33) e a ABNT- NBR 5840 (36).

A verificação dos requisitos quantitativos e qualitativos por ensaios em laboratório é de fundamental importância para se garantir as características desejadas do produto adquirido.

## 6.2 MÉTODOS DE CONTROLE DE ESPESSURA DA PELÍCULA

O controle de espessura da película é de fundamental importância no processo de pintura de pavimentos, pois está relacionado diretamente à sua vida útil. Existem duas formas de atuação no

controle de espessura da película: a primeira considera o controle de película úmida e a segunda considera o controle da película seca.

Após a aplicação da tinta, enquanto a película ainda se apresenta úmida, as medições de espessura do filme úmido podem ser efetuadas utilizando-se os seguintes métodos:

- Método do medidor em degraus ou pente;
- Método do medidor *interchemical*;
- Método da balança.

O método do **medidor em degraus** ou **pente** consiste de uma lâmina com dentes em forma de degraus, conforme figura 6.1.

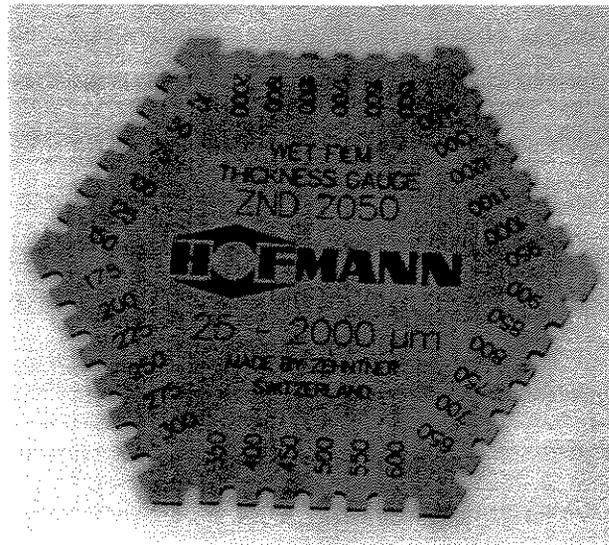


Figura 6.1: Medidor em degraus. Fonte: BYK-Gardner (48).

Os dois dentes das extremidades estão em um mesmo plano e tocam a superfície sobre a qual a tinta foi aplicada. Os demais dentes estão colocados sucessivamente, cada um mais distante da mesma superfície. Assim, a espessura da película úmida será aquela do dente de maior altura que a tinta conseguir tocar. Este tipo de medidor é descontínuo, ou seja, não atua sobre toda a superfície pintada, portanto deve-se selecionar a faixa mais apropriada para a realização das medidas.

No método do **medidor *interchemical***, o aparelho atua continuamente sobre o filme úmido e, desta forma, permite que se façam leituras de medidas de espessura com maior precisão. O aparelho consiste em dois discos coaxiais e um terceiro interno excêntrico e de menor diâmetro, conforme figura 6.2. O aparelho é rolado sobre a película da tinta úmida, chegando-se a uma certa espessura em que a superfície do disco interno não é mais atingida pela tinta. A esse ponto corresponde uma certa medida graduada no corpo do disco externo.

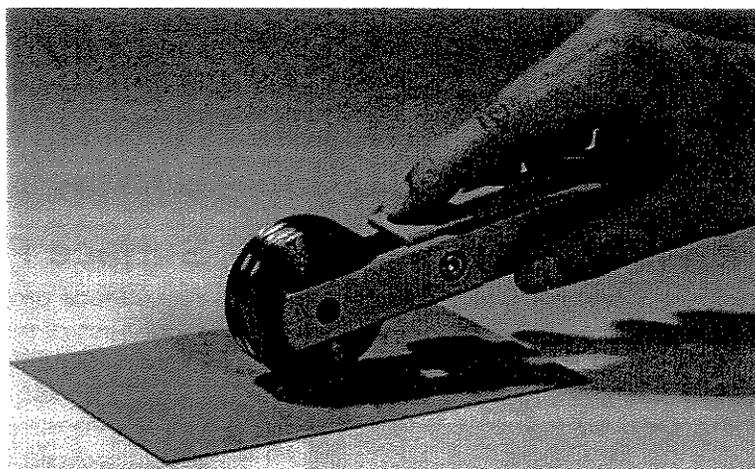


Figura 6.2: Medidor. *interchemical*. Fonte: BYK-Gardner (48).

O método da **balança** (ver figura 6.3) consiste na pesagem de um corpo de prova sem a aplicação de pintura. Depois se submete o corpo de prova à pintura e, logo após, ele é pesado novamente. Através da diferença entre a massa do corpo de prova sem pintura e com pintura, obtém-se a massa da tinta aplicada. Uma vez conhecida a densidade da tinta aplicada, obtém-se o volume. Do volume resultante, extrai-se a área de pintura, que é calculada por medição direta no corpo de prova, obtendo-se então a espessura média da película úmida. Este ensaio é realizado sem a adição de microesferas de vidro e pode ser utilizado tanto para determinação de película úmida quanto para seca.

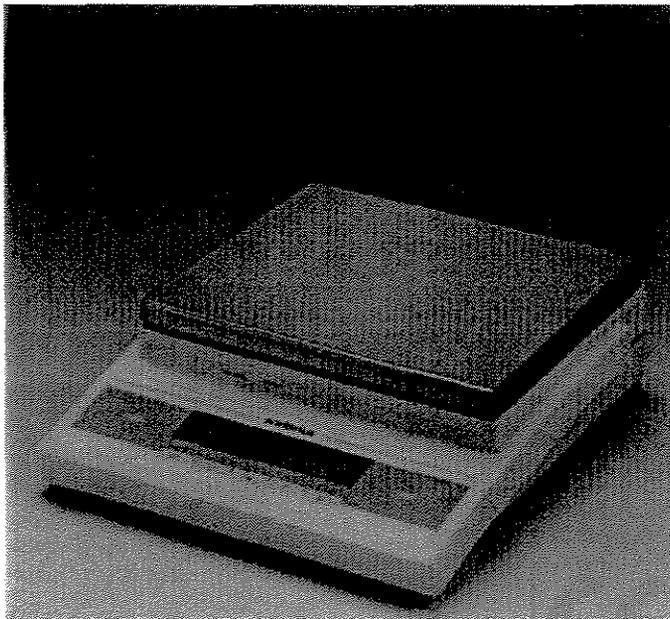


Figura 6.3: Balança. Fonte: BYK-Gardner (48).

Os ensaios de tintas aplicadas sobre corpos de prova devem seguir alguns critérios que padronizam os procedimentos para a obtenção de resultados confiáveis. Assim, são destacados a seguir alguns parâmetros que norteiam os ensaios na película de tinta seca.

A maioria dos resultados dos ensaios na película seca depende da sua espessura. Portanto, não deve ser iniciado nenhum ensaio sem se conhecer a espessura da camada de tinta. A medida de espessura pode ser realizada de duas formas: destrutiva e não-destrutiva.

Classificam-se como métodos destrutivos os seguintes:

- Método do micrômetro;
- Método do medidor de 3 pés;
- Método de *Tooke*.

O método do **micrômetro** mede a espessura total da tinta mais a placa. Remove-se, então, a tinta e mede-se somente a placa. A diferença é a espessura da tinta. Pode-se também medir a placa antes e após a aplicação da tinta. A figura 6.4 apresenta um micrômetro:

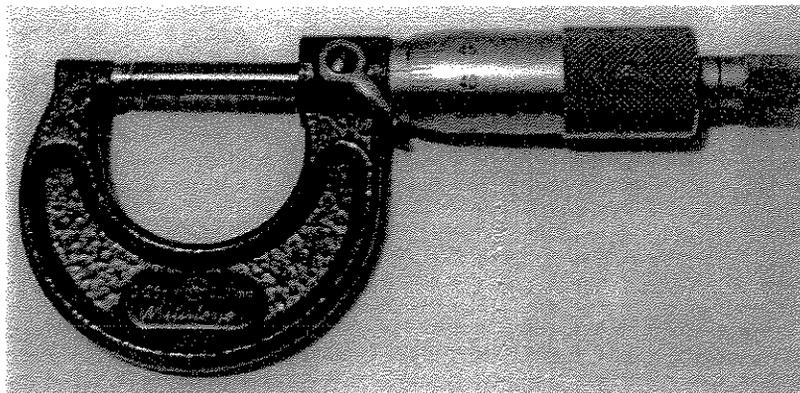


Figura 6.4: Micrômetro.

O método do **medidor de 3 pés** constitui-se na aplicação de um aparelho que possui três pés alinhados, sendo o do meio o único móvel. Quando os três estão apoiados sobre um mesmo plano, como uma placa de cristal, o ponteiro indica 0 (zero). Para se efetuar a medida de espessura da camada de tinta, faz-se um orifício com muito cuidado para expor a superfície da base sem danificá-la. Coloca-se o pé do centro no orifício, e o ponteiro irá determinar a espessura da camada de tinta. Na verdade, o aparelho estará medindo o desnível entre o plano da base e a superfície da tinta.

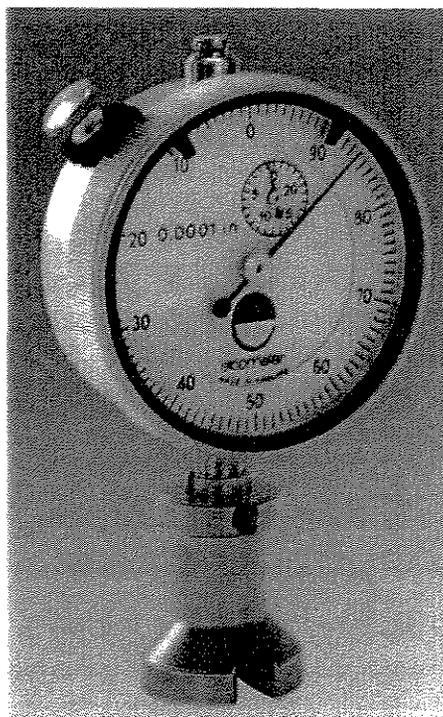
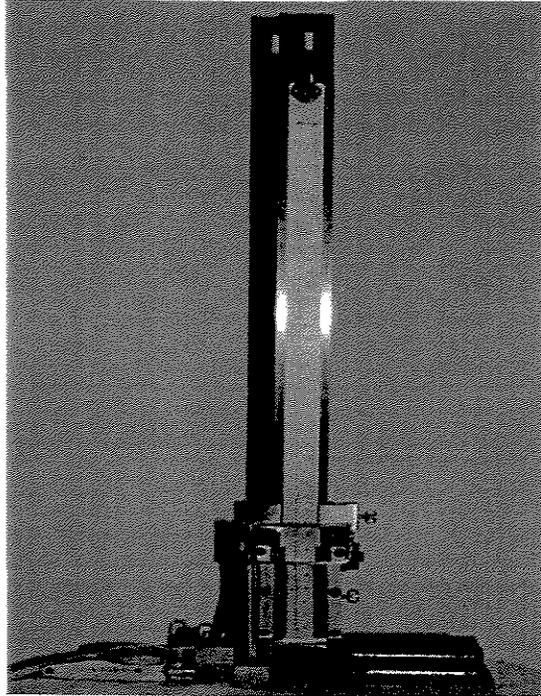


Figura 6.5: Medidor de 3 pés. Fonte: BYK-Gardner (48).

Existe um aparelho semelhante a este, conhecido como **relógio comparador**, que possui o mesmo princípio de medição de desnível entre a película e o substrato (no caso, o corpo de prova). A figura 6.6 ilustra um relógio comparador.



*Figura 6.6: Relógio comparador.*

Por último, apresentamos o método de *Tooke*, um dos mais versáteis aparelhos de medição, pois permite medida em qualquer substrato (aço, alumínio, madeira, concreto, vidro, etc.). Seu funcionamento está baseado em um corte realizado na película com ferramenta de ângulo preciso. Por um retículo graduado na lente de uma lupa, mede-se a largura do corte e converte-se em espessura com o auxílio de uma tabela. É um aparelho bastante preciso, mas tem o inconveniente de ser destrutivo. Como vantagem, pode-se incluir a possibilidade de saber-se a espessura por demão, desde que sejam cores diferenciadas (o que não se aplica à pintura de pavimentos), e sobre qualquer tipo de substrato (aço, madeira, cimento, vidro, etc.). O aparelho consiste de uma lupa com escala graduada e um conjunto de três lâminas (1x, 2x e 10x), com as quais se corta a película a ser medida. Os cortes são feitos em ângulos definidos pela geometria das lâminas. O procedimento de operação deste equipamento é simples. Aplica-se com um “pincel atômico” uma linha sobre a película a ser medida e sobre ela faz-se o corte com a lâmina até atingir o substrato. Em seguida,

coloca-se o aparelho sobre o corte, de maneira que, com a lupa bem focalizada, possa ser contado o número de divisões que o corte apresenta, do substrato até a superfície.

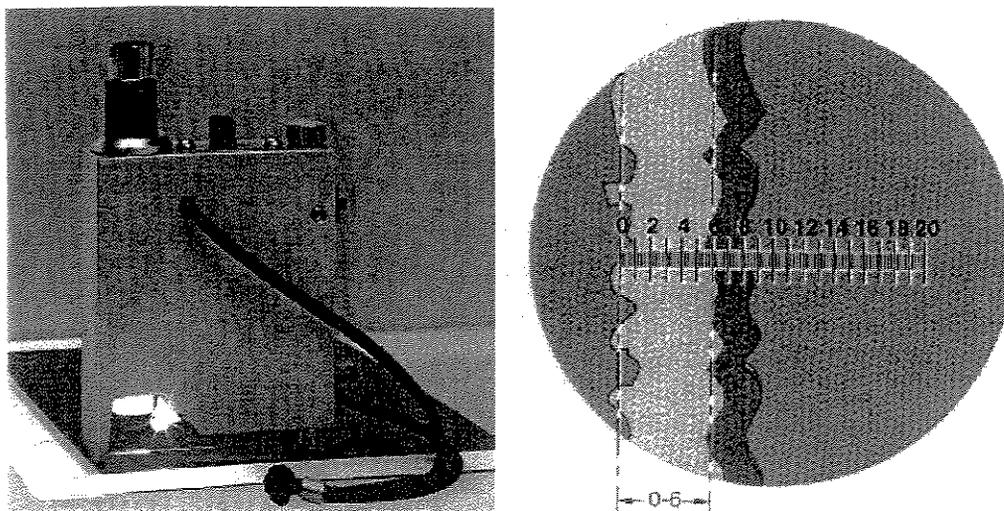
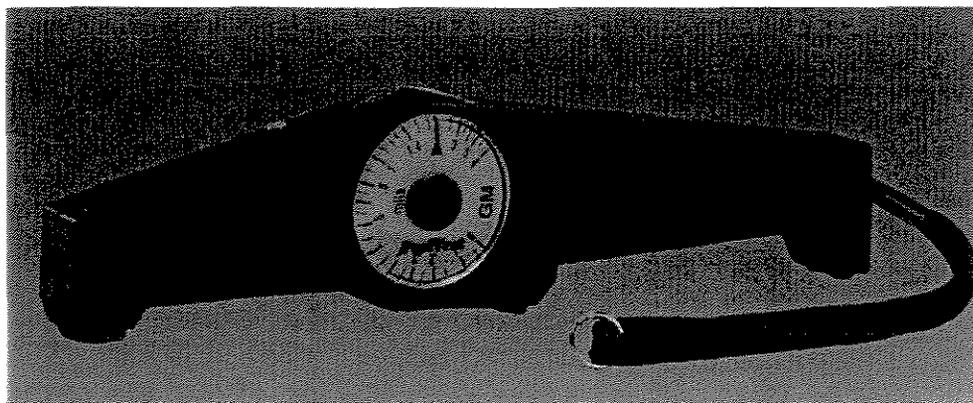


Figura 6.7: Tooke. Fonte: BYK-Gardner (48).

Considerando-se os métodos não destrutivos, temos os seguintes:

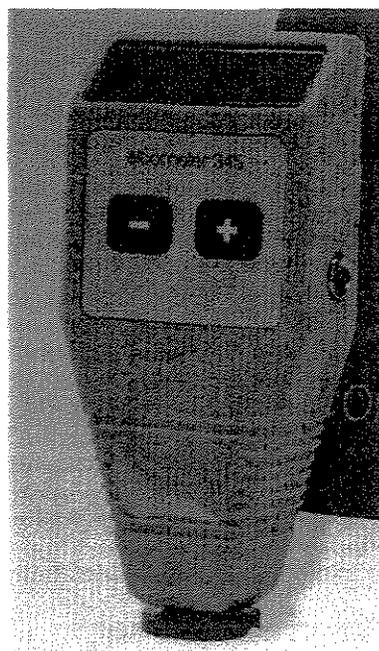
- Método do ímã permanente;
- Método do aparelho magnético ou bobina indutora;
- Método da corrente de fuga ou correntes parasitas.

O método do **ímã permanente** é um método não destrutivo, baseado no princípio de que um ímã, atraído por uma superfície magnética, necessita de uma certa força para ser destacado dela. Neste aparelho existe uma mola-padrão calibrada que, acoplada a um disco com escala, indica a espessura da camada de tinta. A tinta funciona como um espaçador entre a superfície e a pastilha magnética. Quanto mais espessa, maior será a distância entre a superfície e a pastilha e menor será a força que a mola deverá exercer para destacar a pastilha. O procedimento de medida consiste em se girar o disco com a escala no sentido anti-horário e encostar o ímã na superfície. Em seguida, girar o disco em sentido horário até ouvir-se um clique. O ruído significa que a força da mola superou a força de atração do ímã. Nesse instante pára-se de girar o disco e faz-se a leitura na escala. O pino sobre o ímã avisa o momento de se parar de girar o disco. Ele aparece quando o ímã é destacado e substitui o clique em locais de muito ruído.



*Figura 6.8: Ímã permanente. Fonte: BYK-Gardner (48).*

No método do **aparelho magnético**, que também é um método não destrutivo, o princípio de funcionamento é a energização de uma bobina, por corrente alternada de baixa frequência ou por corrente contínua, que passa a atuar como eletromagneto. O fluxo magnético varia inversamente à distância entre o substrato magnetizável e a bobina. A distância corresponde a uma camada não-magnetizável. Portanto, o resultado é função da espessura dessa camada. Este método mede somente camadas não-magnéticas sobre substratos magnetizáveis, como, por exemplo, tinta sobre aço-carbono. A figura 6.9 é um exemplo de aparelho magnético.



*Figura 6.9: Aparelho magnético. Fonte: BYK-Gardner (48).*

O método da **corrente de fuga** é também conhecido como corrente parasita ou corrente de *Foucault*. O princípio de aparelhos que atuam por esse método se baseia na aplicação de tensão a uma bobina, alimentada por corrente alternada, produzindo um campo eletromagnético atuante sobre o substrato, induzindo correntes nesse substrato, denominadas correntes de fuga, criando seu próprio campo, que se opõe àquele originalmente criado, cuja medida é convertida em espessura e lida em um mostrador analógico ou digital, conforme mostra a figura 6.10. Este tipo de aparelho permite medidas de espessura de camadas não-condutoras sobre substratos condutores, como tinta sobre cobre, alumínio, bronze, aço inox, etc.

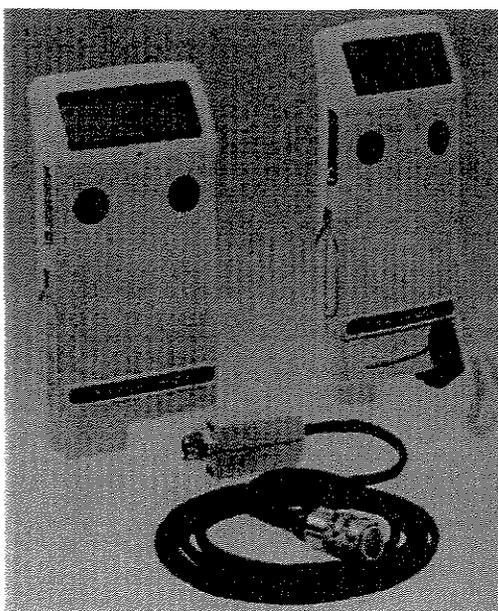


Figura 6.10: Medidor de corrente de fuga. Fonte: BYK-Gardner (48).

Todos os métodos de controle apresentados anteriormente são utilizados para determinação de espessura em superfícies lisas.

Os métodos destrutivos podem ser realizados em algumas situações de forma não destrutiva, como é o caso do experimento mostrado mais adiante neste trabalho. Durante a realização do experimento, pode-se efetuar leituras em corpos de provas pela utilização do micrômetro e do relógio comparador sem a necessidade de remoção da camada de pintura, uma vez que os corpos de prova possuam superfície totalmente regular. Pode-se, desta forma, efetuar as

leituras em locais das amostras onde havia a aplicação do filme de pintura e em locais onde não havia pintura aplicada, sendo a espessura seca do filme obtida através da diferença entre as duas.

Na prática, sabe-se que os pavimentos normalmente se encontram em vários estados de conservação ou, em alguns casos, em total abandono. Aliado a este problema, existem diferentes tipos de coberturas asfálticas, o que torna a superfície a ser pintada irregular, tornando-se, então, o controle de espessura impraticável de se implantar diretamente sobre tais superfícies com os métodos apresentados, uma vez que todos esses métodos são para a medição de espessuras em superfícies lisas e, por consequência, mais adequados para controle em amostras de tintas aplicadas sobre os corpos de prova de vidro e alumínio.

## 7. EXPERIMENTO PARA APLICAÇÃO DA ESPECIFICAÇÃO PROPOSTA

A fim de realizar um experimento e desenvolver por consequência um método de aplicação e controle de pintura que atenda às necessidades de municípios de médio e pequeno porte, foi escolhido o município de Sumaré – SP, levando-se em consideração os recursos que ele possuía para a realização do experimento.

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

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

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

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

Considerando-se os problemas citados anteriormente, foi determinada a utilização de corpos de prova confeccionados em alumínio com dimensões de 300 x 190 x 2,15mm.

A pintura foi aplicada com um equipamento mecânico, autopropelido, com dois tanques pressurizados para armazenamento de tinta com capacidade para 20 litros cada um, um reservatório para acondicionamento de microesferas do tipo *drop-on* e um motor a gasolina que serve para movimentar a máquina e acionar o compressor de ar. Uma característica interessante do equipamento é que o chassi da máquina é confeccionado de forma tubular, servindo também como reservatório de ar comprimido. O princípio de aplicação da tinta pelo equipamento se dá pelo processo de aspersão, através de uma única pistola, que possui ajuste variável, a fim de obter-se diferentes larguras de faixa. Existe também acoplado ao equipamento um aparelho que aciona automaticamente a pistola, quando é necessário efetuar linhas seccionadas.

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

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

Cada corpo de prova em alumínio, então, foi previamente numerado e pesado. Foram efetuadas leituras do tempo que o equipamento levou para percorrer cada corpo de prova, a fim de determinar sua velocidade média. A velocidade é um item importante, uma vez que influencia na espessura da película de pintura. Antes da aplicação da tinta nos corpos de prova, foram efetuados pré-testes a fim de se regular a velocidade e se ajustar a espessura de filme úmido desejado. Durante a aplicação da pintura sobre os corpos de prova, efetuou-se a leitura do filme úmido e do tempo que

a máquina de pintura levou para percorrer um corpo de prova e outro. Após a aplicação da pintura, foram efetuadas as leituras do filme seco, utilizando-se os métodos da balança, do relógio comparador e do micrômetro. Os dados obtidos foram tabulados e comparados com os valores teóricos esperados. O capítulo 8 apresenta os dados obtidos e os gráficos das espessuras obtidas pelos diversos métodos.

Analisando os diversos gráficos apresentados no capítulo 8, nota-se que o método da balança foi o que mais se aproximou da espessura seca teórica, uma vez que esse método compensa as quantidades de materiais depositados irregularmente na placa de alumínio, o que já não ocorre nos métodos do relógio comparador e do micrômetro.

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

As leituras obtidas pelo micrômetro e pelo relógio comparador foram efetuadas conforme figura 7.1 e apresentaram também algumas variações com relação à espessura seca teórica. Estas variações ocorreram devido à má distribuição do filme sobre as placas de amostragem nos pontos específicos onde foram efetuadas as leituras. De forma prática, pode-se avaliar que, para a leitura do filme úmido, o instrumento mais adequado e prático é o medidor em degraus ou pente, pelo seu fácil manuseio e precisão.

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

O ideal é que se obtenha um nivelamento da placa sobre o pavimento, a fim de não ocorrer deposição irregular de material. Ocorrendo este nivelamento, a espessura controlada pelo micrômetro torna-se mais adequada devido à sua precisão pontual.

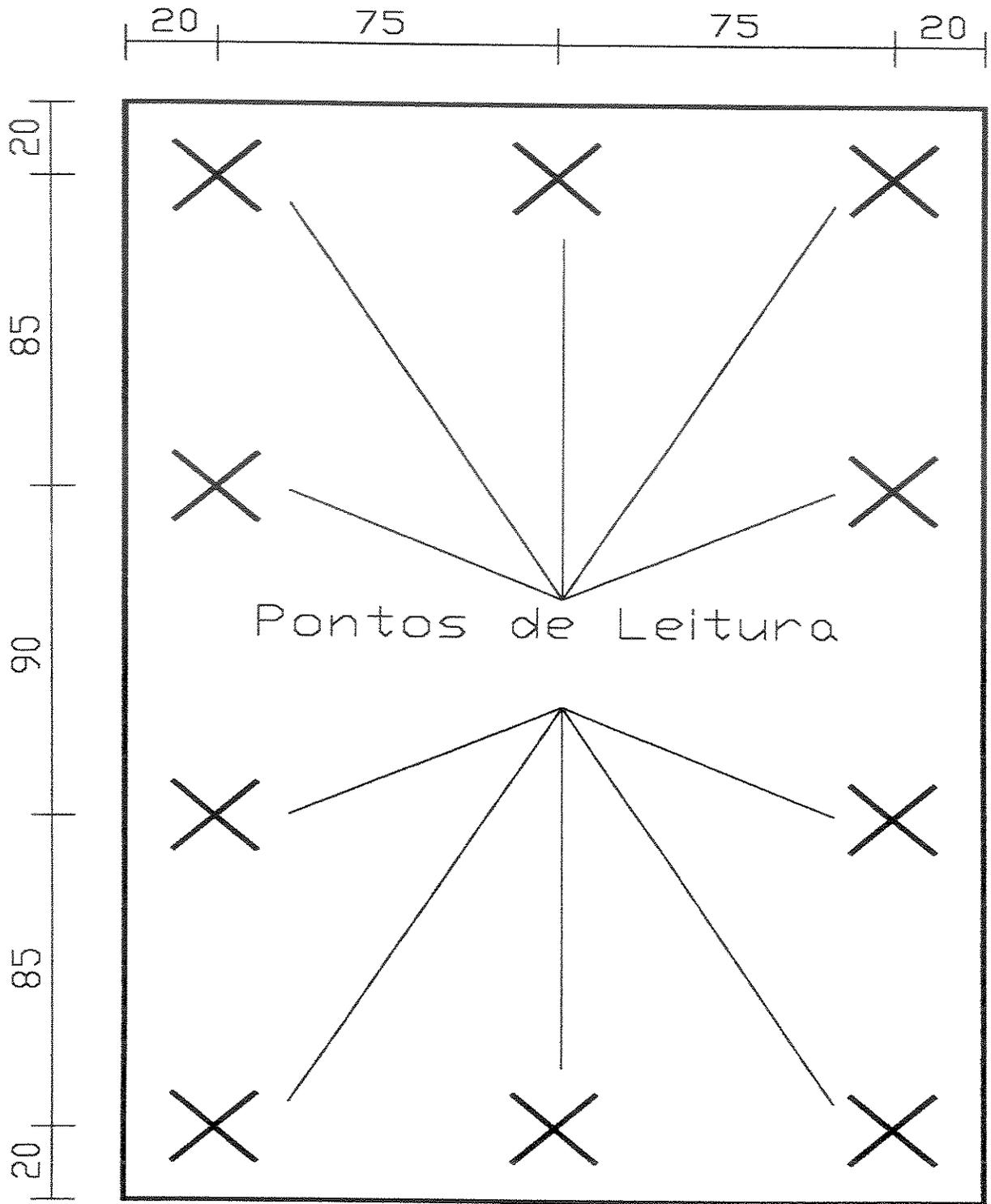
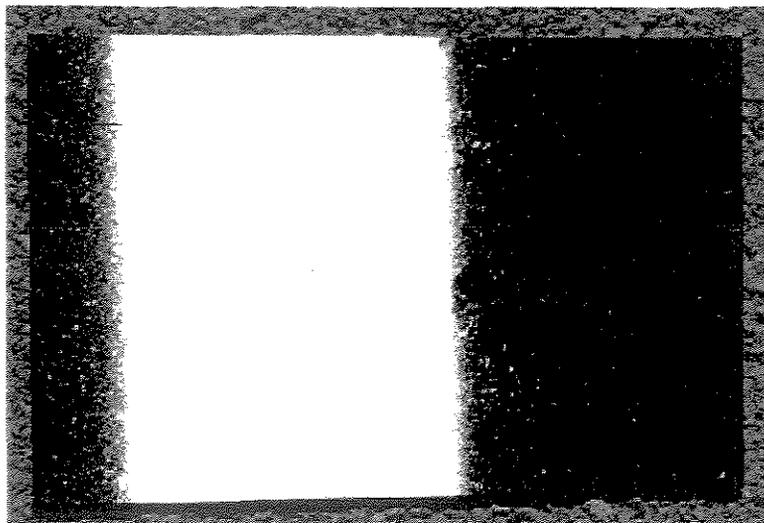


Figura 7.1: Corpo de prova com pontos marcados. Dimensões em milímetros.

A figura 7.2 apresenta um corpo de prova utilizado no experimento.



*Figura 7.2: Corpo de prova em alumínio utilizado no experimento.*

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

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

## 8. ANÁLISE DOS RESULTADOS DO EXPERIMENTO

A tabela 8.1 apresenta os dados referentes ao padrão de tinta utilizado, sua densidade, as dimensões do corpo de prova e a largura da faixa de pintura aplicada sobre o corpo de prova.

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

A coluna “Tempo(s)” corresponde ao tempo medido quando o equipamento partiu da placa número 1 e foi sendo anotado quando da passagem por todas as placas até atingir a placa número 10. O mesmo procedimento foi adotado na determinação da coluna “Distância percorrida(m)”, sendo que o tempo total em segundos e a distância total em metros do trecho do experimento corresponderam a, respectivamente, 409 segundos e 300 metros. Estes dados foram necessários para o cálculo da velocidade média que o equipamento levou para percorrer cada placa, expressa nas colunas “Velocidade média em metros por segundo” e “Velocidade média em quilômetros por hora”. O resultado obtido em quilômetros por hora em cada ponto foi expresso no gráfico 8.1.

O gráfico 8.1 apresenta a velocidade média desenvolvida pelo equipamento durante o experimento. As pequenas oscilações na velocidade podem ter ocorrido devido a variações no sistema motor-compressor do equipamento, uma vez que o equipamento utilizado foi uma máquina de pintura autopropulsora de pequeno porte. No equipamento utilizado, um único motor movimenta a roda da máquina para o deslocamento e aciona também o sistema de compressão. Portanto,

qualquer variação de pressão que solicite além da capacidade de armazenamento do tanque da máquina ou provoque oscilação no pavimento pode gerar uma pequena variação na velocidade. Outro fator que pode ter influenciado seria a leitura do tempo entre os trechos, efetuada de maneira visual por elemento humano.

A coluna referente a “Espessura da placa em milímetros obtida através do micrômetro” corresponde à média aritmética de dez leituras efetuadas em pontos predeterminados da placa de alumínio (ver figura 7.1 do Capítulo 7) sem a aplicação de pintura.

As colunas referentes a “Espessura seca média obtida pelo micrômetro em milímetros” e “Espessura seca média obtida pelo relógio comparador em milímetros” correspondem à média aritmética de dez leituras efetuadas em pontos predeterminados da placa de alumínio (ver figura 7.1 do Capítulo 7) com a aplicação de pintura.

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

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

A coluna referente a “Espessura seca teórica em milímetros” foi obtida com a multiplicação de 0,68 pelo valor da coluna “Espessura úmida obtida pelo pente em milímetros”. O percentual de 68% utilizado foi obtido na tabela I.1 – Comparativo entre diversos requisitos quantitativos de tintas à base de resina acrílica, do Apêndice I, requisitos quantitativos, valor de

matéria não-volátil porcentagem em massa apresentado na coluna referente à tinta padrão DERSA, Especificação Técnica OP-06-21.

O gráfico 8.2 da representa o comportamento das espessuras obtidas pelos diversos métodos, bem como a espessura úmida e a espessura seca teórica.

Graficamente, podemos notar que a espessura seca obtida pelo método da balança é a que mais se aproxima do gráfico de espessura seca teórica. Isto ocorre porque o método da balança considera o total de tinta aplicado sobre a placa, porém não analisa como a película de pintura está aplicada sobre a placa, o que ocorre no método do micrômetro.

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

Tinta: padrão DERSA OP/06/21  
 densidade = 1,35 g/cm<sup>3</sup>  
 dimensões do corpo de prova: 30cm x 19cm  
 largura da faixa: 0,13m (130mm)

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

Considerando-se os itens de 01 a 10:

Espessura úmida média (mm)	0,57
Espesura seca teórica (mm)	0,39
Espessura seca média pelo micrômetro (mm)	0,32
Espessura seca média pela balança (mm)	0,40
Espessura seca média pelo relógio comparador (mm)	0,34

Tabela 8.1 - Dados do Experimento

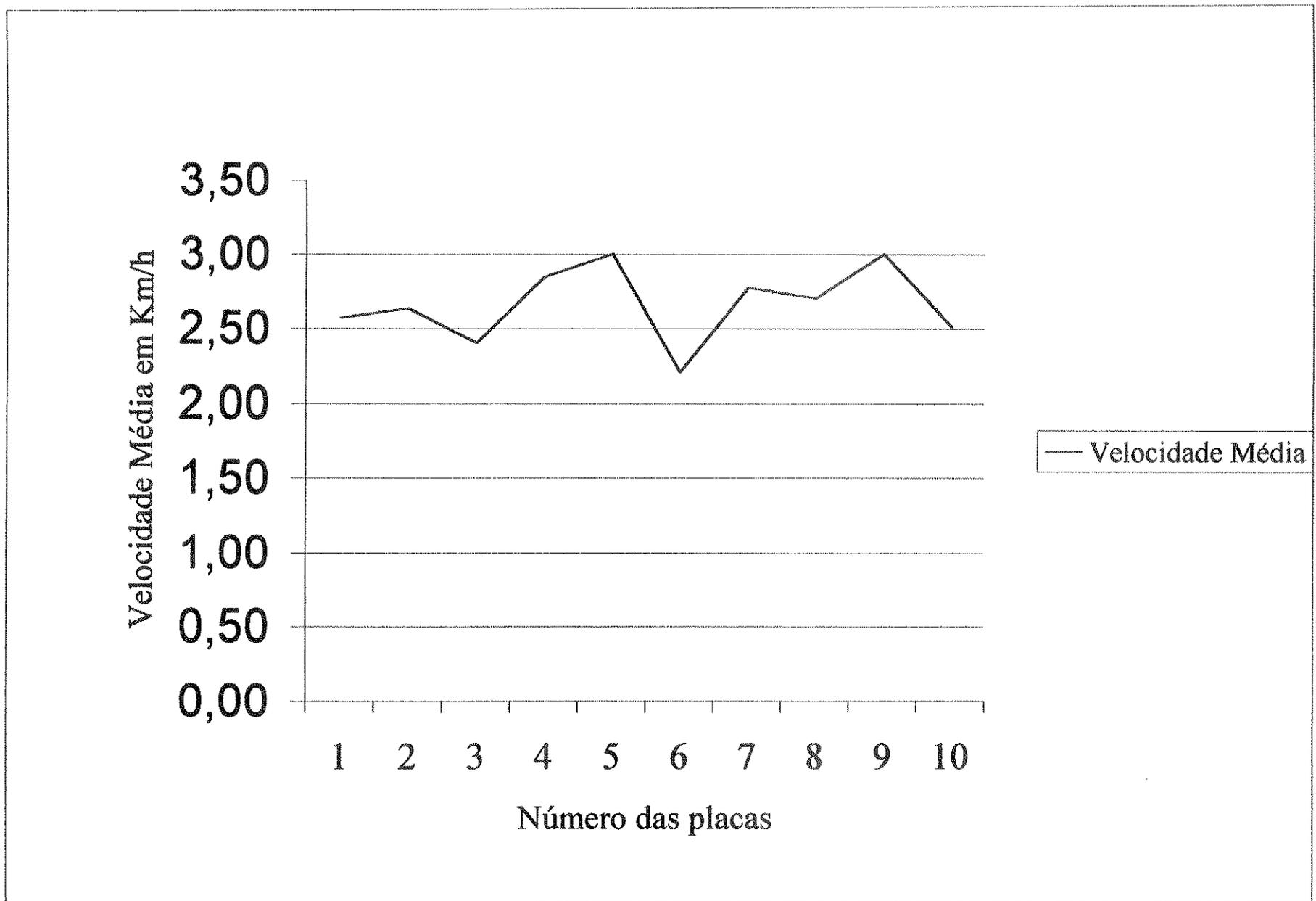


Grafico 8.1 - Velocidade média do equipamento durante o experimento.

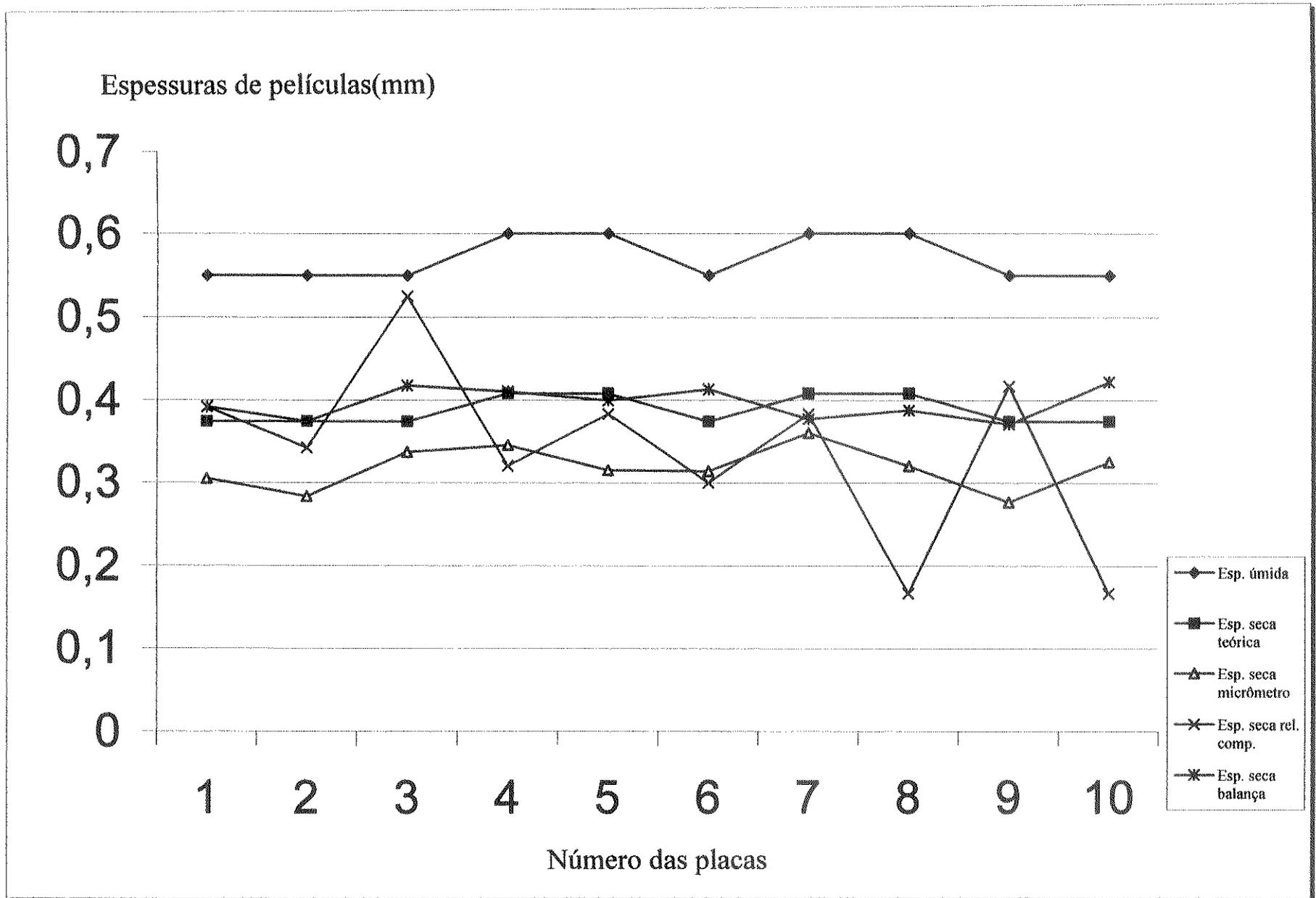


Grafico 8.2 - Espeçuras obtidas no experimento.

## 9. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Os materiais apresentados neste trabalho para sinalização horizontal pelo processo de pintura a frio são os mais encontrados e utilizados no mercado, sendo que, no caso específico da tinta acrílica, ela é largamente utilizada em municípios e em rodovias devido a seu baixo custo e rendimento satisfatório na maioria das situações empregadas. O baixo custo de implantação deste tipo de demarcação viária torna possível um atendimento mais imediato das necessidades de sinalização, conforme determina o CTB (38), reduzindo-se desta forma os índices de acidentes das vias urbanas.

Os diversos órgãos estudados, sejam eles rodoviários, sejam municipais, apresentam suas especificações tanto para tintas quanto para serviços. No tocante aos requisitos quantitativos e qualitativos das tintas especificadas, cada organismo determina suas características próprias, as quais atendem às solicitações de tráfego peculiares às suas necessidades. Não foi encontrada nenhuma especificação que atenda totalmente aos municípios menores, porém, após análise detalhada de todas as especificações, foi efetuada uma especificação padrão (apresentada no final deste trabalho) que atende de forma geral às necessidades iniciais dos municípios de pequeno e médio porte, tanto no tocante a materiais como a execução e controle de serviços. Tal especificação padrão, no item referente a materiais, apresenta desde a padronização na utilização de tintas, com a adoção de características técnicas que atendam de forma satisfatória às solicitações de tráfego existentes nos municípios menores, até a adoção de ensaios laboratoriais para análise do produto adquirido.

O capítulo referente aos equipamentos permitiu a apresentação dos tipos mais comuns de equipamentos utilizados para sinalização viária horizontal pelo processo de pintura a frio, salientando suas características básicas, procurando ressaltar a importância e a função de alguns itens, proporcionando, desta forma, a escolha do equipamento adequado a cada tipo de serviço. Considerando os municípios de menor porte, os equipamentos mais utilizados são os de deslocamento manual ou autopropelidos de pequeno porte para serviços realizados na malha viária urbana, devido a seu fácil manuseio e deslocamento. Já no caso de estradas sob a jurisdição dos municípios, optou-se por recomendar os equipamentos de maior porte, devido a sua alta produtividade e à velocidade de deslocamento.

No capítulo referente à metodologia de medição de espessuras, sejam elas úmidas, sejam elas secas, foram apresentados vários métodos possíveis de se utilizar para este tipo de controle, porém, durante o experimento, foram testados na prática os métodos do micrômetro, do relógio comparador e da balança para medição de espessura seca e, para a medição de espessura úmida, foi testado o método do medidor em degraus ou pente.

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

O micrômetro, por sua vez, retira leituras de pontos específicos, permitindo desta forma analisar a distribuição do filme e verificar se ele está distribuído regularmente sobre a superfície do corpo de prova. Considerando-se a leitura de filme úmido, na prática, o medidor em degraus ou pente apresentou-se de fácil manuseio e boa precisão.

Pelos motivos apresentados, foi indicado na especificação proposta o controle de espessura úmida pelo método do medidor em degraus ou pente e o controle de espessura seca pelos métodos da balança e do micrômetro.

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

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

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

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

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

Alguns pontos, porém, não foram possíveis de ser analisados nesta pesquisa, podendo vir a ser desenvolvidos futuramente, como a análise de durabilidade da espessura da película em campo, quando submetida à ação do tráfego de alguns locais críticos, comparando a diferença de

durabilidade sobre a atuação das diversas variações de tráfego, bem como as condições das vias, propondo a utilização de novas especificações técnicas para o município, de acordo com cada caso.

O acompanhamento do desgaste da pintura por registro fotográfico, classificando o nível de desgaste de acordo com a forma como a película se apresenta em campo (semelhante ao método apresentado pela *ASTM – D913 – 88*) (3), também seria uma forma interessante de classificação.

Outro ponto importante seria o desenvolvimento de análise sobre vários tipos de especificações de tintas, verificando sua vida útil no campo, em determinadas situações de tráfego e da via, comparando os resultados obtidos, propondo alterações em seus requisitos quantitativos e, por fim, propondo uma especificação técnica de tintas que atenda às necessidades específicas do município estudado.

O estudo comparativo entre os diversos tipos de materiais para sinalização viária, comparando profundamente suas características técnicas, apontando as vantagens e as desvantagens de utilização de cada um, analisando sua durabilidade e custo, propondo especificações que atendam a cada situação encontrada em municípios de pequeno e médio porte também seria de grande valia.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ASSIS, W. A. "Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia". *Revista da Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas – ABRAFATI*. Volume 1, 1ª Edição, São Paulo: Textonovo Editora e Serviços Editoriais Ltda., 1993, p. 456 a 484.
- (2) *AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Standard Practice for Conducting Road Service Tests on Fluid Traffic Marking Materials (D713 – 90). (Reapproved 1998).*
- (3) \_\_\_\_\_. *Standard Test Method for Evaluating Degree of Resistance to Wear of Traffic Paint (D913 – 88). (Reapproved 1993)*
- (4) \_\_\_\_\_. *Test Method for No-Pick-Up Time of Traffic Paint (D711 – 88).*
- (5) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *Material para sinalização horizontal (NBR 7396)*. Rio de Janeiro, 1987.
- (6) \_\_\_\_\_. *Sinalização horizontal viária – Microesferas de vidro – Requisitos (NBR 6831)*. Rio de Janeiro, 2001.
- (7) \_\_\_\_\_. *Sinalização horizontal viária – Microesferas de vidro – Verificação da resistência ao ácido clorídrico (NBR 6824)*. Rio de Janeiro, 1996.
- (8) \_\_\_\_\_. *Sinalização horizontal viária – Microesferas de vidro – Verificação da resistência à água (NBR 6825)*. Rio de Janeiro, 1996.

- (9) \_\_\_\_\_ . *Sinalização horizontal viária – Microesferas de vidro – Verificação da resistência ao sulfeto de sódio* (NBR 6826). Rio de Janeiro, 1996.
- (10) \_\_\_\_\_ . *Sinalização horizontal viária – Microesferas de vidro – Análise granulométrica* (NBR 6827). Rio de Janeiro, 1996.
- (11) \_\_\_\_\_ . *Sinalização horizontal viária – Microesferas de vidro – Determinação do teor de sílica* (NBR 6828). Rio de Janeiro, 1996.
- (12) \_\_\_\_\_ . *Sinalização horizontal viária – Microesferas de vidro – Determinação de defeitos* (NBR 6829). Rio de Janeiro, 1996.
- (13) \_\_\_\_\_ . *Sinalização horizontal viária – Microesferas de vidro – Verificação da resistência ao cloreto de cálcio* (NBR 6823). Rio de Janeiro, 1996.
- (14) \_\_\_\_\_ . *Sinalização horizontal viária – Microesferas de vidro – Verificação do índice de refração* (NBR 6832). Rio de Janeiro, 1996.
- (15) \_\_\_\_\_ . *Sinalização horizontal viária – Microesferas de vidro – Determinação da densidade de massa* (NBR 6833). Rio de Janeiro, 1996.
- (16) \_\_\_\_\_ . *Tintas para sinalização horizontal à base de resina acrílica* (NBR 11862). Rio de Janeiro, 1992.
- (17) \_\_\_\_\_ . *Tintas para sinalização horizontal – Determinação da consistência pelo viscosímetro Stormer* (NBR 12027). Rio de Janeiro, 1992.
- (18) \_\_\_\_\_ . *Tintas para sinalização horizontal – Determinação do teor de matéria volátil e não-volátil* (NBR 12028). Rio de Janeiro, IBBD, 1992.
- (19) \_\_\_\_\_ . *Tintas para sinalização horizontal – Determinação do teor de pigmentos* (NBR 12029). Rio de Janeiro, 1992.
- (20) \_\_\_\_\_ . *Tintas para sinalização horizontal – Determinação do dióxido de titânio pelo método do redutor de Jones* (NBR 12030). Rio de Janeiro, 1992.

- (21) \_\_\_\_\_ .*Tintas para sinalização horizontal – Determinação de cromato de chumbo* (NBR 12031). Rio de Janeiro, IBBD, 1992.
- (22) \_\_\_\_\_ . *Tintas para sinalização horizontal – Determinação do veículo não-volátil – Porcentagem em massa no veículo* (NBR 12032). Rio de Janeiro, 1992.
- (23) \_\_\_\_\_ . *Tintas para sinalização horizontal – Determinação do tempo de secagem “no pick-up time”* (NBR 12033). Rio de Janeiro, 1992.
- (24) \_\_\_\_\_ .*Tintas para sinalização horizontal – Determinação da resistência a abrasão* (NBR 12034). Rio de Janeiro, 1992.
- (25) \_\_\_\_\_ .*Tintas para sinalização horizontal – Determinação do brilho* (NBR 12035). Rio de Janeiro, 1992.
- (26) \_\_\_\_\_ .*Tintas para sinalização horizontal – Determinação da flexibilidade* (NBR 12036). Rio de Janeiro, 1992.
- (27) \_\_\_\_\_ .*Tintas para sinalização horizontal – Determinação do sangramento* (NBR 12037). Rio de Janeiro, 1992.
- (28) \_\_\_\_\_ .*Tintas para sinalização horizontal – Determinação da resistência à água* (NBR 12038). Rio de Janeiro, 1992.
- (29) \_\_\_\_\_ .*Tintas para sinalização horizontal – Determinação da resistência ao calor* (NBR 12039). Rio de Janeiro, 1990.
- (30) \_\_\_\_\_ .*Tintas para sinalização horizontal – Determinação da resistência ao intemperismo* (NBR 12040). Rio de Janeiro, 1990.
- (31) \_\_\_\_\_ . *Material para sinalização horizontal*. (NBR 7396) – Rio de Janeiro, 1987.
- (32) \_\_\_\_\_ .*Tintas, vernizes e derivados – determinação da massa específica* (NBR 5829). Rio de Janeiro, 1984.

- (33) \_\_\_\_\_. *Coleta de amostras de tintas e vernizes* (NBR 5839). Rio de Janeiro, 1984.
- (34) \_\_\_\_\_. *Determinação qualitativa de breu em vernizes* (NBR 5844). Rio de Janeiro, 1977.
- (35) \_\_\_\_\_. *Inspeção visual de embalagens contendo tintas, vernizes e produtos afins* (NBR 6312). Rio de Janeiro, 1977.
- (36) \_\_\_\_\_. *Exame prévio e preparação para ensaios de amostras de tintas e vernizes* (NBR 5840). Rio de Janeiro, 1974
- (37) CLARK, P. J. *Reflectorized Pavement Marking Paints*. State of New York-US, Department of Transportation, Engineering Instruction, EI 99-021, 2 p., 18/06/99 <http://www.dot.state.ny.us/cmb/consult/eib/files/ei99021.pdf>
- (38) CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO – CTB. Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997, modificada pelas Leis nº 9.602 de 21 de janeiro de 1998 e nº 9.792 de 14 de abril de 1999. São Paulo: Saraiva. Coleção Saraiva de Legislação, 2001, 4ª edição, 218 p.
- (39) COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO – CET. *Execução de sinalização horizontal com tintas aplicadas a frio* (ET-SH-01). São Paulo, 1994.
- (40) DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO – DER. *Especificações e métodos de ensaios de materiais de sinalização rodoviária*. Caderno técnico nº 6. São Paulo, 1990.
- (41) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. *Obras complementares – sinalização horizontal* (ES-339/97). Rio de Janeiro, 1997.
- (42) \_\_\_\_\_. *Tinta à base de resina acrílica para sinalização rodoviária horizontal* (EM-368/97). Rio de Janeiro, 1997.
- (43) DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. – DERSA. *Especificação técnica de tinta acrílica para sinalização horizontal* (OP-06-21). São Paulo, 1989.

- (44) \_\_\_\_\_ . *Instrução para aplicação de tinta e esferas de vidro para sinalização horizontal (OP-06-23)*. São Paulo, 1989.
- (45) EMPRESA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO DE CAMPINAS S.A. – EMDEC. *Especificações técnicas – Material de Sinalização Horizontal – Tinta à base de resina acrílica cor branca norma especial (EMDEC-SH 0200, MSH0200. MSV0211)*. Campinas: EMDEC, 1998.
- (46) HOMBURGER W. S. *Transportation and Traffic Engineering Handbook* – ITE - Institute of Transportation Engineers. New York: Editora Prentice-Hall, Inc., s/d, 2ª edição, p.729 a 732.
- (47) *Indutil: Catálogos Técnicos*. Indutil Indústria de Tintas Ltda. São Paulo.
- (48) *Instruments*. Byk Gardner. Columbia, MD 21046, USA, 2001.
- (49) *Matériel de marquage* – Euroliners. Boulay France. 6 p. s/d.
- (50) OIE, C. – *Construction Engineer Permanent Pavement Marking (Paint)*. State of Nebraska-US, Department of Roads, Addendum nº 1, Project nº S-275-7 (1029), Control nº 20796C, Call order nº 04, On US-275 Northwest of Valley Letting Date: May 3, 2001, 4 p. <http://www.dor.state.ne.us/letting/c-let-010503/n04ad105.pdf>
- (51) *Paint, Acetone-Based/VOC – Compliant, Traffic Line, White, Yellow and Black*. State of California-US, Department of Transportation, Specification # PT-150VOC(A), May, 2000, 11 p. <http://www.dot.ca.gov/hq/esc/ttsb/chemical/PT150VOCA.pdf>
- (52) RANGEL, A.R. *Boletins Técnicos*. Hot Line Indústria e Comércio Ltda., Guarulhos-SP, 2001.
- (53) *Striblet – Striping Machine*. DS – Dan Striben Aps. Dantamvej 4, DK-4600 Koge, s/d.
- (54) *Traffic Paint*. State of Ohio-US, Item 642, 2 p. <http://www.dot.state.oh.us/spec/642.htm>.

## 11. BIBLIOGRAFIA DE APOIO

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *Determinação de estabilidade acelerada de resinas e vernizes* (NBR 5830). Rio de Janeiro, 1976.

\_\_\_\_\_. *Sinalização horizontal viária – Esferas de vidro – Requisitos* (NBR 14281). Rio de Janeiro, 1999.

\_\_\_\_\_. *Sinalização horizontal viária – Tinta à base de resina acrílica emulsionada em água – Requisitos e método de ensaio* (NBR 13699). Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. *Sinalização horizontal viária – Microesferas de vidro – Amostragem* (NBR 6830). Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. *Tintas com resina livre para sinalização horizontal viária* (NBR 12935). Rio de Janeiro, 1993.

\_\_\_\_\_. *Tintas – Determinação da espessura da película seca* (NBR 10443). Rio de Janeiro, 1988.

BOXALL, J. & FRAUNHOFER, J. A. von. *Paint formulation principles and practice*. London: Great Britain for Edward Arnold, 1980, 195 p.

CAPELA, J. M. R. M. “Especificação Técnica – Classificação da sinalização horizontal quanto às espessuras”. Sinalta Propista – Sinalização, Segurança e Comunicação Visual Ltda., São Paulo: 2002 (Empresa A – Folheto Técnico).

\_\_\_\_\_. “A história da sinalização viária”. Sinalta Propista – Sinalização, Segurança e Comunicação Visual Ltda., São Paulo, 2002 (Empresa A - Folheto).

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO – CET. *Tinta à base de resina acrílica para sinalização horizontal (ET-SH-02)*. São Paulo, 1995.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Critérios para uniformização de escolha de materiais para sinalização horizontal*, DTM-SUP/DER – 004-05/1997.DER, São Paulo, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. *Microesferas de vidro para sinalização rodoviária horizontal (EM-373/97)*. Rio de Janeiro, 1997.

DEUTSCH, P. “Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia”. Editoriais Ltda. *Revista da Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas – ABRAFATI*. Volume 1, 1ª Edição, São Paulo: Textonovo Editora e Serviços, 1993, p. 278 a 282 e 599 a 614.

DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. – DERSA. *Especificação técnica de esferas de vidro retrorrefletivas para sinalização horizontal (OP-06-22)*. São Paulo, 1989.

FAZENDA, J. M. R. “Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia”. *Revista da Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas – ABRAFATI*. Volume 1, 1ª Edição, São Paulo: Textonovo Editora e Serviços Editoriais Ltda., 1993, p. 285 a 326 e 399 a 448.

GNECCO, C. *A pintura na proteção anticorrosiva – Nível Técnico – Sumaré Indústria Química S.A. Sumaré – São Paulo, 1998. p.1 a 66 (apostila)*.

\_\_\_\_\_. “Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia”. *Revista da Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas – ABRAFATI*. Volume 2, 1ª. Edição, São Paulo: Textonovo Editora e Serviços Editoriais Ltda., 1993, p. 1120 a 1198.

\_\_\_\_\_. “Você sabe o que é VOC?” *Revista: Pintura Industrial – Indústria Geral, Manutenção, Madeira, Tinta Em Pó e Pisos*, Ano 3, nº 14, set./out. 2001, p. 34

GRETAGMACBETH™ – Visual Color Communication Product and Resource Guide. New York, 2000 (Catálogo).

LAKATOS, E. M. & MARCONI, M. de A. *Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos*. São Paulo: Atlas, 2001, 6ª edição, 219 p.

MORGANS, W. M. *Outlines of Paint Technology*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 19e90,3ª edição, 506 p.

RANGEL, A.R. *Resinas reativas para demarcação viária*. Indústria e Comércio Ltda., Guarulhos-SP, 2001 (Apostila – Fabricante A).

SEVERINO, A.J. *Metodologia do trabalho científico*. São Paulo: Cortez, 2000, 21ª edição.

VENNARD, J.K. & STREET, R. L. *Elementos de mecânica dos fluidos*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois S.A., 1978, 5ª edição, 687 p.

WRIGHT, P. H. & PAQUETTE, R. J. *Highway Engineering*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1979, 4ª edição, 819 p.

## APÊNDICES

Requisitos quantitativos	ABNT Norma NBR-11862		DNER Esp.Técnica EM 368/97		DERSA Esp.Técnica OP-06-21		DER Esp.Técnica 3.09		CET Esp.Técnica ET/SH/02		EMDEC Esp.Técnica SH0200/201		Especificação de tinta padrão (ver obs.)	
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
Consistência (UK - Unidades <i>Krebs</i> )	80	95	80	95	80	100	75	90	80	95	80	100	80	95
Estabilidade na armazenagem: alteração de consistência (UK - Unidades <i>Krebs</i> )	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	3	-	5
Matéria não volátil, porcentagem em massa	62,8	-	62,8	69	68	-	68	-	62,8	-	68	-	62,8 (68)	-
Pigmento, porcentagem em massa	40	50	40	50	45	-	40	-	40	50	45	-	40	50
Dióxido de titânio (TiO <sub>2</sub> ), porcentagem em massa no pigmento	25	-	25	-	25	-	28	-	25	-	23	-	25	-
Cromato de chumbo (PbCrO <sub>4</sub> ), porcentagem em massa no pigmento.	22	-	22	-	23	-	24	-	22	-	23	-	22	-
Veículo não volátil, porcentagem em massa no veículo.	38	-	38	-	40	-	38	-	38	-	40	-	38	-
Veículo total, porcentagem em massa na tinta.	50	60	50	60	-	55	-	60	50	60	50	-	50	60
Tempo de secagem, <i>No Pick Up Time</i> , minutos.	-	20	-	15	-	15	-	20	-	15	-	20	-	20
Resistência à abrasão	80	-	80	-	95	-	80	-	80	-	95	-	80 (95)	-
Massa específica, g/cm <sup>3</sup>	1,30	1,45	1,30	1,45	1,35	-	1,30	-	1,30	1,45	1,35	-	1,30	1,45
Brilho a 60°, unidade.	-	20	-	20	-	20	na	na	-	20	-	15	-	20

Tabela 1.1 – Comparativo entre diversos requisitos quantitativos de tintas à base de resina acrílica.

Obs. Especificação de tinta padrão sugerida para municípios de pequeno e médio porte que deve ser utilizada em vias locais com VDM até 5000 veículos. Em vias arteriais ou trânsito rápido utilizar os valores indicados entre parênteses.

## APÊNDICE II

Os requisitos quantitativos e qualitativos exigidos pela ABNT-NBR 11862 – Tinta para sinalização horizontal à base de resina acrílica (16) –, são os seguintes:

### 1. Requisitos quantitativos:

a) Consistência:

Este ensaio é também conhecido como ensaio de viscosidade.

A viscosidade é uma característica importante, pois está diretamente relacionada à aplicabilidade da tinta. A norma que prescreve este método é a ABNT-NBR 12027 – Tintas para sinalização horizontal – Determinação da consistência pelo viscosímetro *Stormer* (17).

O viscosímetro *Stormer* é constituído por uma roda dentada acoplada a uma haste. Sob ação de um peso com massa conhecida preso a um cordão, a roda gira e faz girar também a haste. Quanto maior a massa, mais rapidamente a haste gira e, quanto mais viscosa a tinta, mais massa é necessária para fazê-la girar.

Uma vez realizado o procedimento descrito na norma, utiliza-se uma tabela de interpolação, denominada tabela *Krebs*, onde se obtém a viscosidade em unidades *Krebs*.

b) Estabilidade na armazenagem:

Este ensaio tem como objetivo fornecer, em um prazo relativamente curto, uma idéia do comportamento de uma resina ou verniz, em função do tempo de armazenagem.

As tintas expostas a longos períodos de armazenamento podem sofrer precipitações de suas partículas sólidas, alteração de viscosidade, formação de natas (ou peles) e posterior endurecimento.

O procedimento consiste na retirada de uma amostra de tinta e na medição de sua viscosidade a uma temperatura pré-estabelecida (no caso 25°C), em viscosímetro apropriado. Após a medição da viscosidade, submete-se a amostra a uma temperatura de 60°C ± 3°C durante um período de 16 horas. Ao término do procedimento, resfria-se a amostra, medindo novamente sua viscosidade à temperatura de 25°C. Relaciona-se então a viscosidade inicial e final, e os valores obtidos deverão estar em conformidade com os requeridos em norma específica para cada tipo de tinta.

c) Determinação do teor de matéria não-volátil e volátil:

A norma utilizada neste método é a ABNT-NBR 12028 – Tintas para sinalização horizontal – Determinação do teor de matéria volátil e não-volátil (18). Neste ensaio, como o próprio nome diz, determina-se o teor de matérias voláteis e não-voláteis das tintas utilizadas para sinalização horizontal.

O método consiste basicamente no espalhamento de uma amostra de tinta sobre um pedaço de folha de alumínio com peso conhecido e posterior secagem em estufa.

Os percentuais de matéria não-volátil e volátil em massa são obtidos através da diferença de peso da folha de alumínio com amostra antes e após a secagem.

Os resultados obtidos devem estar dentro dos previstos nas normas específicas de cada tipo de tinta. Este ensaio antecede o ensaio de determinação do veículo não-volátil – Porcentagem em massa no veículo –, que será descrito mais adiante.

d) Determinação do teor de pigmentos:

Como é sabido, o teor de pigmentos de uma tinta resulta principalmente no poder de cobertura, influenciando diretamente nos resultados de sua opacidade.

Os pigmentos utilizados em tintas são insolúveis no veículo, tanto no solvente como na resina e, apesar de serem constituídos de partículas muito pequenas, possuem massa, o que torna possível a sua separação das tintas por filtração, centrifugação ou calcinação. A filtração torna-se muito difícil devido ao reduzido diâmetro das partículas, e a calcinação não pode ser empregada indiscriminadamente a qualquer tinta, pois certos pigmentos instáveis a altas temperaturas podem se decompor e resultar em teores errôneos, tornando assim o método da centrifugação o mais viável para a determinação do teor de pigmento.

A norma que prescreve este método é a ABNT-NBR 12029 – Tintas para sinalização horizontal – Determinação do teor de pigmentos (19). Por este método, os pigmentos de uma amostra de tinta homogeneizada e diluída em partes iguais de toluol e metiletilcetona são separados pelo processo de centrifugação. Os resultados obtidos são em percentual de pigmento em relação à massa de tinta. Este procedimento antecede os ensaios para determinação do teor de dióxido de titânio e cromato de chumbo e determinação do veículo não-volátil.

e) Determinação do dióxido de titânio:

A determinação do teor de dióxido de titânio é de fundamental importância para o desempenho de uma tinta branca. A norma que prescreve este método é a ABNT-NBR 12030 – Tintas para sinalização horizontal – Determinação do dióxido de titânio pelo método do redutor de *Jones* (20).

O teor de dióxido de titânio obtido por este experimento é expresso em percentual em massa do pigmento. Este ensaio, porém, apenas determina o teor de dióxido de titânio, não fazendo referência quanto a sua forma cristalina (rutilo ou anatase). É importante que o dióxido de titânio tipo rutilo seja utilizado, devido às suas características serem muito superiores às do anatase, como visto anteriormente.

## f) Determinação do cromato de chumbo:

Igualmente ao item anterior, este ensaio é de fundamental importância para o desempenho da tinta amarela. O resultado referente ao teor de cromato de chumbo obtido é expresso em porcentagem em massa do pigmento, sendo que o procedimento utilizado neste ensaio é a ABNT-NBR 12031 – Determinação de cromato de chumbo (21).

## g) Determinação do veículo não-volátil:

Por este procedimento determina-se o veículo não-volátil (resina), dado em porcentagem em massa no veículo total. Este procedimento utiliza-se dos resultados obtidos nos procedimentos para obtenção do teor de pigmentos e teor de matéria não-volátil descritos anteriormente.

Uma vez conhecidos o teor de pigmentos e o teor de matéria não-volátil, calcula-se o veículo total subtraindo-se o teor de pigmentos de 100. O veículo não-volátil é obtido da subtração entre a matéria não-volátil e o teor de pigmentos. Por fim, o veículo não-volátil, porcentagem em massa no veículo, é obtido da divisão do veículo não-volátil pelo veículo total multiplicado por 100.

A norma que prescreve este método é a ABNT-NBR 12032 – Tintas para sinalização horizontal – Determinação do veículo não-volátil – porcentagem em massa no veículo (22).

## h) Determinação do tempo de secagem:

Este ensaio reproduz em laboratório o tempo de secagem *no pick-up time* de tintas para sinalização horizontal, e representa, na prática, o tempo em que, teoricamente, a tinta está pronta para receber o tráfego de veículos sem se desprender do pavimento. Consiste basicamente na aplicação da tinta sobre uma placa de vidro, submetendo-se esta tinta à ação de um cilindro de aço com anéis de borracha, repetindo-se o experimento várias vezes até que a tinta não mais fique aderida aos anéis de borracha.

A norma que especifica este ensaio é a ABNT-NBR 12033 – Tintas para sinalização horizontal – Determinação do tempo de secagem *no pick-up time* (23).

i) Determinação da resistência à abrasão:

Neste procedimento, reproduz-se em laboratório a resistência da tinta sobre uma suposta ação do tráfego de veículos.

O método consiste na utilização de uma placa de alumínio pintada com espessura do filme mensurada e 3 áreas circulares de 30mm de diâmetro previamente demarcadas, que serão submetidas a testes em um abrasímetro. Ao final do experimento, o resultado obtido é o valor da resistência à abrasão da tinta.

Como forma de avaliação, podemos dizer que, quanto maior o número obtido, maior será a resistência à abrasão da tinta, o que significa que maior será sua resistência à ação do tráfego de veículos. A norma que regula este experimento é a ABNT-NBR 12034 – Tintas para sinalização horizontal – Determinação da resistência à abrasão (24).

j) Determinação da massa específica:

Por este ensaio determina-se a densidade de uma amostra de tinta. Analogamente à viscosidade da tinta, a sua densidade influencia diretamente na qualidade e na durabilidade da pintura. Os procedimentos a serem adotados para este ensaio estão descritos na ABNT-NBR 5829 – Tintas, vernizes e derivados – Determinação da massa específica (32).

O procedimento descrito nesta norma é o Método do Picnômetro. O procedimento é simples: primeiramente tara-se o picnômetro de alumínio limpo e seco, cheio com água destilada. Pesa-se então o picnômetro cheio e calcula-se o volume utilizado subtraindo-se da massa do picnômetro com água a massa do picnômetro vazio e dividindo-se o resultado obtido pela massa específica da água.

Determinado o volume do picnômetro, ele deverá ser seco e, cheio com a tinta, deverá ser pesado. A massa específica da tinta é obtida através do resultado da subtração entre a massa do picnômetro com tinta e a massa do picnômetro vazio, dividindo-se posteriormente o resultado pelo volume real do picnômetro.

Na determinação da massa específica, deve-se cuidar para não deixar bolhas de ar no interior do picnômetro.

Os picnômetros podem ser confeccionados em bronze (latão) ou alumínio. Os mais precisos são os de alumínio, por serem mais leves, porém o volume gravado no corpo do picnômetro deve ser aferido freqüentemente, pois as limpezas realizadas após as determinações com tintas podem afetar seus volumes.

k) Determinação do brilho:

Nas tintas, o brilho depende principalmente da quantidade (teor) de pigmentos. É brilhante quando tem pouco pigmento, e fosca ou sem brilho quando tem muito pigmento. Quando a tinta tem pouco pigmento, fica seca; sua superfície é lisa porque os pigmentos ficam submersos na resina. Quando a tinta tem muito pigmento, a superfície fica microscopicamente áspera ou rugosa, porque os pigmentos são tantos que não conseguem ser cobertos pela resina. Então eles afloram à superfície, que deixa de ser lisa para tornar-se irregular.

A determinação do brilho de uma tinta está descrita na ABNT-NBR 12035 – Tintas para sinalização horizontal – Determinação do brilho (25).

O aparelho que realiza esta determinação é o *Glossmeter*. Em tintas, a geometria mais usada é a iluminação pela fonte de luz (lâmpada incandescente) e o fotodetector, situados a um ângulo de 60° em relação à perpendicular do plano do corpo de prova em teste.

O feixe de luz incidente na superfície do corpo de prova é refletido com o mesmo ângulo, como em um espelho (imagem especular), e é recebido no fotodetector.

Assim, quanto mais brilhante o corpo de prova, maior será a intensidade de luz recebida no fotodetector. Um espelho perfeito refletirá 100% da luz incidente, porém não se deve confundir unidades de brilho com percentagem de brilho. Uma tinta muito brilhante, com cerca de 98 unidades de brilho, tem apenas 9,8% do brilho de um espelho perfeito. Então um espelho perfeito teria 1.000 unidades de brilho.

## 2. Requisitos qualitativos:

### a) Cor (notação *Munsell Highway*):

*Henry Munsell* idealizou o sistema *Munsell*, a partir do qual criou o Livro *Munsell* de Cores, que tem cerca de 2000 cartelas destacáveis, definidas através de Notações com letras e números. O livro possui as cartelas distribuídas de acordo com as seguintes coordenadas:

Tonalidade (*hue*): expressa a cor das cartelas. São cinco cores básicas e cinco cores intermediárias, com 4 páginas cada uma, totalizando 40 páginas, distribuídas em dois volumes, sendo eles o BG-RP e o R-G. As cores receberam a inicial do nome em inglês, conforme demonstrado nas tabelas 1 e 2:

Cores Básicas			Cores Intermediárias	
<b>R</b>	Red	Vermelho	<b>YR</b>	Amarelo/Vermelho
<b>Y</b>	Yellow	Amarelo	<b>GY</b>	Verde/Amarelo
<b>G</b>	Green	Verde	<b>BG</b>	Azul/Verde
<b>B</b>	Blue	Azul	<b>PB</b>	Púrpura/Azul
<b>P</b>	Purple	Púrpura	<b>RP</b>	Vermelho/Púrpura

Tabela II.1 – Tabela demonstrativa das cores básicas e intermediárias.

Cartelas Neutras	Refletância (%)	Cor	Observações
N 9,5	90,0	Branco	Refletância máxima em tintas
N 8	59,1	Cinza Claro	
N 6,5	36,2	Cinza Médio	
N 3,5	9,0	Cinza Escuro	
N 1	1,2	Preto	Refletância mínima em tintas

Tabela II.2 – Tabela demonstrativa da refletância.

A refletância de uma tinta expressa quanto a cor reflete de luz. Na composição da notação *Munsell*, é representada antes da barra ( / ). Quanto maior o número, mais clara é a cor (reflete mais), e vice-versa.

Quanto a saturação, representa o grau de pureza da cor, sendo representada pelos números expressos após a /. Quanto maior o número, mais viva é a cor, e quanto mais baixo, mais pálida, tendendo ao cinza.

b) Determinação da flexibilidade:

Este ensaio consiste em aplicar uma película de filme de 0,38mm de espessura sobre uma folha de flandres. Após secagem, submete-se a pintura a esforços consecutivos de dobramento e desdobramento durante determinado período de tempo, conforme descrito no método.

Como resultado, a tinta não deve fissurar, lascar ou descolar após ter sido ensaiada. A norma que prescreve este método é a ABNT-NBR 12036 – Tintas para sinalização horizontal – Determinação da flexibilidade (26).

c) Determinação do sangramento:

A sangria analisada pela ABNT-NBR 12037 – Tintas para sinalização horizontal – Determinação do sangramento (27) –, é a migração do asfalto provocada pela ação do solvente integrante da tinta, quando aplicada em corpo-de-prova de mistura asfáltica, promovendo mudança perceptível de cor da tinta. Simula, na prática, o teor de agressão que o solvente da tinta provoca sobre o pavimento.

d) Determinação da resistência à água:

Por este ensaio, insere-se metade de uma placa pintada em água destilada. Ao final do experimento, a placa não deve apresentar sinais de amolecimento, empolamento ou outras evidências de deterioração, apenas uma pequena perda de brilho.

A norma que regula este ensaio é a ABNT-NBR 12038 – Tintas para sinalização horizontal – Determinação da resistência à água (28). Analisa-se desta forma a resistência da pintura às ações da chuva.

e) Determinação da resistência ao calor:

Por este ensaio descrito na norma ABNT-NBR 12039 – Tintas para sinalização horizontal – Determinação da resistência ao calor (29) –, submete-se uma amostra pintada sobre folha de flandres a uma temperatura de  $80 \pm 5$  °C durante 3 horas. Ao término do procedimento, a amostra não deve apresentar alteração de coloração ou de brilho, fissuras ou qualquer indício de deterioração. Na prática, este ensaio reproduz em laboratório a resistência da pintura sobre as temperaturas que o pavimento está sujeito a atingir.

f) Determinação da resistência ao intemperismo:

Pinturas que ficam expostas ao intemperismo, ou seja, à ação do sol e da chuva, sofrem problemas de envelhecimento devido a radiações ultravioleta e infravermelha. Durante os dias e as noites têm-se também variações de umidade relativa do ar e temperatura. Esta situação pode ser simulada em laboratório através dos aparelhos *Weatherometer* e Ultravioleta com umidade.

O aparelho consiste de uma câmara contendo um tambor que gira à velocidade de 1rpm, onde são colocados os corpos de prova. Estes podem ficar sujeitos a um ciclo de luz contínua, sendo que a cada 102 minutos é pulverizada água desmineralizada por 18 minutos. Neste ensaio, reproduz-se artificialmente a exposição da pintura às ações principalmente dos raios ultra-violeta.

A placa ensaiada não poderá apresentar sinais de empolamento, alteração de brilho ou de cor, salvo leve escurecimento, ou qualquer outra irregularidade. A norma ABNT-NBR 12040 – Tintas para sinalização horizontal – Determinação da resistência ao intemperismo (30) – prescreve este método.



## APÊNDICE III

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

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

### **Materiais:**

- **Tipo:** Tinta para sinalização horizontal à base de resina acrílica.

**Condições gerais:**

- A tinta deve ser fornecida para uso em superfície constituída por mistura betuminosa ou de concreto de cimento *Portland*.
- A tinta poderá ser fornecida nas seguintes cores:
  - Branca, ref. *Munsell* N9,5
  - Amarela, ref. *Munsell* 10YR7,5/14
  - Vermelha, ref. *Munsell* 2,5R4/14
  - Azul, ref. *Munsell* 5PB2/8
  - Preta, ref. *Munsell* N1,0 ou N0,5
- A tinta, logo após a abertura do recipiente, não deve apresentar sedimentos, natas e grumos, devendo ser suscetível de rejuvenescimento mediante aplicação de nova camada.
- A tinta deve ter condições para ser aplicada por máquinas apropriadas e ter consistência especificada, sem ser necessária a adição de outro aditivo qualquer. No caso de adição de microesferas de vidro, tipo *prémix*, poderá ser adicionado no máximo 5% de solvente em volume sobre a tinta, compatível com ela para acerto de viscosidade.
- A tinta, quando aplicada na quantidade especificada, deve recobrir perfeitamente o pavimento e permitir a liberação do tráfego no período máximo de 30 minutos.
- A tinta aplicada, após secagem física total, deve apresentar plasticidade e características de adesividade às microesferas de vidro e ao pavimento e produzir película seca, fosca e de aspecto uniforme, sem apresentar fissuras ou descascamento durante o período de vida útil.
- A tinta, quando aplicada sobre a superfície betuminosa, não deve apresentar sangria nem exercer qualquer ação que danifique o pavimento.

- A tinta não deve ter suas características modificadas ou deteriorar-se, quando estocada, por um período mínimo de 6 meses após a data de entrega do material e durante o seu período de validade.
  
- A tinta tem como unidade de compra o litro.
  
- A tinta deve ser fornecida embalada em recipientes metálicos, cilíndricos, em bom estado de conservação, possuindo tampa removível com diâmetro igual ao da embalagem. Estes recipientes devem trazer no seu corpo, bem legível, as seguintes informações:
  - Nome do produto: tinta para sinalização viária
  - Norma utilizada na fabricação
  - Nome comercial
  - Data de fabricação
  - Referência quanto à natureza química da resina
  - Prazo de validade
  - Identificação da partida de fabricação ou lote
  - Nome e endereço do fabricante
  - Quantidade contida no recipiente, em litros
  - Nome do químico responsável

**Condições específicas:**

- A tinta deve ser adquirida dentro dos seguintes requisitos quantitativos e qualitativos:

Requisitos quantitativos	Especificação de tinta padrão	
	Proposta	(ver obs.)
	mín.	máx.
Consistência (Unidades <i>Krebs</i> )	80	95
Estabilidade na armazenagem: alteração de consistência (UK)	-	5
Matéria não-volátil, porcentagem em massa	62,8 (68)	-
Pigmento, porcentagem em massa	40	50
Dióxido de titânio ( $TiO_2$ ), porcentagem em massa no pigmento	25	-
Cromato de chumbo ( $PbCrO_4$ ), porcentagem em massa no pigmento	22	-
Veículo não-volátil, porcentagem em massa no veículo	38	-
Veículo total, porcentagem em massa na tinta	50	60
Tempo de secagem, <i>No Pick Up Time</i> , minutos	-	20
Resistência à abrasão	80 (95)	-
Massa específica, g/cm <sup>3</sup>	1,30	1,45
Brilho a 60°, unidade	-	20
<b>Obs.:</b> A especificação de tinta padrão deverá ser utilizada em vias locais, com VDM até 5000 veículos. Em vias arteriais ou de trânsito rápido, devem ser utilizados os valores indicados entre parênteses.		

*Tabela III.1: Requisitos quantitativos de tintas para vias de municípios de pequeno e médio porte.*

Requisitos qualitativos	Especificação de tinta padrão (ver obs.)
Cor (notação <i>Munsell Highway</i> )	
tinta branca	N.9.5 (tolerância N.9.0)
tinta amarela	10YR 7,5/14
Flexibilidade	Inalterada
Sangramento	Ausência
Resistência à água	Inalterada
Resistência ao calor	Inalterada
Resistência ao intemperismo	400 (600) horas
cor	Leve alteração
integridade	Inalterada
Identificação do veículo não-volátil	O espectograma de absorção de radiações infravermelhas deve apresentar bandas características predominantes de resinas acrílicas e estireno
Breu e derivados	Ausência
<b>Obs.:</b> A especificação de tinta padrão deverá ser utilizada em vias locais, com VDM até 5000 veículos. Em vias arteriais ou de trânsito rápido, devem ser utilizados os valores indicados entre parênteses.	

Tabela III.2: Requisitos qualitativos de tintas para vias de municípios de pequeno e médio porte.

- A tinta deverá ser submetida aos seguintes ensaios:

Requisitos quantitativos	Método de Ensaio
Consistência (UK)	NBR 12027
Estabilidade na armazenagem: alteração de consistência (UK)	NBR 5830
Matéria não-volátil, porcentagem em massa	NBR 12028
Pigmento, porcentagem em massa	NBR 12029
Dióxido de titânio ( $TiO_2$ ), porcentagem em massa no pigmento	NBR 12030
Cromato de chumbo ( $Pb_3C_7O_4$ ), porcentagem em massa no pigmento	NBR 12031
Veículo não-volátil, porcentagem em massa no veículo	NBR 12032
Veículo total, porcentagem em massa na tinta	NBR 12032
Tempo de secagem, <i>No Pick Up Time</i> , minutos	NBR 12033
Resistência à abrasão	NBR 12034
Massa específica, g/cm <sup>3</sup>	NBR 5829
Brilho a 60°, unidade	NBR 12035

*Tabela III.3: Métodos de ensaio utilizados para a averiguação dos requisitos quantitativos de tintas para municípios de pequeno e médio porte.*

Requisitos qualitativos	
Cor	Código de cores notação Munsell Highway (Tabela 2)
Flexibilidade	NBR 12036
Sangramento	NBR 12037
Resistência à água	NBR 12038
Resistência ao calor	NBR 12039
Resistência ao intemperismo	NBR 12040
Identificação do veículo não-volátil	O espectograma de absorção de radiações infravermelhas deve apresentar bandas características predominantes de resinas acrílicas e estireno.
Breu e derivados	NBR 5844

*Tabela III.4: Métodos de ensaio utilizados para a averiguação dos requisitos qualitativos de tintas para municípios de pequeno e médio porte.*

<b>Métodos auxiliares</b>	
Inspeção visual de embalagens contendo tintas, vernizes e produtos afins – Procedimento	NBR 6312
Coleta de amostras de tintas e vernizes	NBR 5839
Exame prévio e preparação para ensaios de amostras de tintas e vernizes	NBR 5840

*Tabela III.5: Métodos de ensaio auxiliares utilizados para a averiguação dos requisitos quantitativos e qualitativos de tintas para municípios de pequeno e médio porte.*

- Deverão ser realizados ensaios referentes aos requisitos quantitativos e qualitativos em laboratórios de reconhecida experiência e idoneidade e aprovados pela Prefeitura.
  
- **Tipo:** Microesferas de vidro.
  
- **Condições gerais:**
  - As microesferas de vidro aplicadas durante a pintura deverão ser do tipo *prémix* (tipo I-B) ou do tipo *drop-on* (tipo II-A), classificadas conforme tabela a seguir:
  - A aplicação de microesferas de vidro deverá ser feita na proporção de:
    - a) Tipo *prémix* – de 200g a 250g para cada litro de tinta
    - b) Tipo *drop-on* – mínimo de 200g de microesferas para cada m<sup>2</sup> de tinta aplicada
  - A aplicação de microesferas de vidro do tipo *drop-on* poderá ser feita por gravidade ou ser pressurizada, desde que a distribuição na superfície da pintura seja de forma homogênea. As microesferas de vidro tipo *prémix* devem ser aplicadas pré-misturadas à tinta, antes de sua aplicação.

Peneiras		Granulometria - % Passando	
Número	Abertura micra	Tipo I - B	Tipo II - A
18	1000		100
20	850		98 - 100
30	600		75 - 95
40	425		
50	300	100	9 - 35
70	212	85 - 100	
80	180		0 - 5
100	150	15 - 55	
140	106		
200	75		
230	63	0 - 10	

Tabela III.6: Classificação das microesferas quanto ao tipo.

- O grau de ancoramento das microesferas do tipo *drop-on* deverá ser de 50% (com tolerância de  $\pm 10\%$ ) do seu diâmetro no substrato, de forma a permitir a máxima retroreflexão dos raios luminosos incidentes sobre as esferas.

- As microesferas de vidro devem atender aos seguintes requisitos:

Características	Requisitos	Métodos de Ensaio
Resistência ao cloreto de cálcio	Não devem apresentar superfície embaçada	NBR 6823(13)
Resistência ao ácido clorídrico	Não devem apresentar superfície embaçada	NBR 6824 (7)
Resistência à água	Não devem apresentar superfície embaçada e não devem gastar mais do que 4,5ml de HCl, 10 N para neutralização da solução	NBR 6825(8)
Resistência ao sulfeto de sódio	Não devem apresentar superfície embaçada	NBR 6826(9)
Teor de sílica	Mínimo de 65%	NBR 6828(11)
Aparência e defeitos (tipos I-A; I-B; II-A e II-B)	Limpas, claras, redondas, incolores e isentas de matérias estranhas Máximo de 3% podem ser quebradas ou conter partículas de vidro não fundido e elementos estranhos Máximo de 30% podem ser fragmentos ovóides deformados, geminados ou bolhas gasosas	NBR 6829(12)
Índice de refração	Mínimo de 1,50	NBR 6832(14)
Densidade de massa	2,4 g/cm <sup>3</sup> e 2,6 g/cm <sup>3</sup>	NBR 6833(15)

Tabela III.7: Tabela de ensaios requeridos para microesferas de vidro.

- As microesferas de vidro deverão ser fornecidas acondicionadas em sacos de 25kg de papel que possuam internamente um saco de polietileno com as seguintes informações:
  - Microesferas de vidro tipo \_\_\_\_\_ (classificação – Tipo I-B ou II-A)
  - Número e ano da norma utilizada (no caso, a norma NBR 6831:2001)
  - Nome e endereço do fabricante
  - Identificação da partida de fabricação
  - Data de fabricação
  - Massa das microesferas contidas, em quilogramas
  - No caso de revestimento químico, caracterizá-lo
  
- Os ensaios requeridos deverão ser realizados para as microesferas em laboratórios de reconhecida experiência e idoneidade e aprovados pela Prefeitura.

#### **Execução de serviços:**

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

#### **Condições gerais:**

- Não é permitida a utilização de pintura pelo processo manual.
  
- A pintura deverá ser aplicada por equipamento mecanizado, autopropulsor e com dispositivos que permitam a aplicação da pintura de acordo com esta especificação.

- A espessura úmida da camada de tinta aplicada deverá ser de 0,60mm.
- A superfície a ser pintada deve apresentar-se seca, livre de sujeira ou qualquer outro material estranho (óleos, graxas, etc.) que possam prejudicar a aderência do material ao pavimento. Para tanto, a limpeza do pavimento deve ser feita pela varrição manual ou mecanizada, aplicação de jato de ar ou lavagem. No caso de lavagem do pavimento, deve-se esperar o pavimento secar antes da aplicação da pintura. A secagem do pavimento poderá ser efetuada pela ação do tempo (evaporação) ou acelerada por ventiladores, de acordo com a urgência do serviço.
- Quando a superfície a ser sinalizada não apresentar marcas existentes que possam servir de guias, deve ser feita uma pré-marcação antes da aplicação da tinta na via, a qual deve seguir as cotas apresentadas em projeto específico.
- Deve ser aplicado material suficiente, de forma a produzir marcas com bordas claras e nítidas e uma película de cor e largura uniformes. A tinta deve ser aplicada de tal forma a não ser necessária nova aplicação para atingir a espessura especificada.
- A pintura deverá ser aplicada nas seguintes condições climáticas:
  - a) Temperatura ambiente entre 10°C e 40°C
  - b) Umidade relativa do ar até 90%
  - c) Temperatura do pavimento entre 5 °C e 60°C
- A pintura não deverá ser efetuada em dias de muito vento.
- A pintura aplicada deverá ser protegida durante o tempo de secagem, somente podendo ser exposta ao tráfego de veículos e pedestres após a sua cura completa.

**Controle de serviços:**

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

**Condições gerais:**

- Antes do início dos trabalhos de sinalização, deve-se analisar as condições climáticas a fim de se verificar se as mesmas estão compatíveis com os requisitos citados anteriormente.
- Após a verificação anterior, deve-se efetuar pré-verificações no equipamento de pintura, preparando-o para o serviço. Fazem parte das pré-verificações a drenagem de água do sistema de compressão, ajustes de válvulas, limpeza e regulagem da pistola de pintura, checagem de filtros; ou seja, todos os ajustes recomendados pelo manual do fabricante do equipamento.
- Após as verificações iniciais do equipamento, deve-se realizar pré-testes a fim de se regular a velocidade do equipamento, a pressão do sistema e outras variáveis que influenciam na espessura do filme de pintura, obtendo-se, desta forma, a espessura de filme desejada tão logo seja iniciada a demarcação.
- Deve-se definir claramente o trecho no qual vai ser aplicada a pintura, determinando-se o comprimento total, função e características da sinalização a ser efetuada, realizando-se posteriormente as pré-marcações necessárias.
- Após a realização das pré-marcações, distribuem-se sobre o trecho a ser sinalizado corpos de amostragem da tinta confeccionados em chapas de alumínio, com superfície lisa, livre de ondulações e com dimensões de 200mm x 300mm x 2mm.

- Deve-se distribuir os corpos de prova proporcionalmente ao longo do trecho a ser sinalizado, utilizando-se no mínimo 9 (nove) amostras por trecho de sinalização implantada. Entende-se por trecho implantado aquele no qual o equipamento de pintura não sofreu paradas nem variações em seus ajustes iniciais.
- Imediatamente após a aplicação da tinta pelo equipamento de pintura no pavimento, deve-se pulverizar microesferas do tipo *drop-on*, na proporção especificada.
- Para o controle de espessura úmida, deverá ser utilizado o medidor em degraus ou pente, sendo que a medição de espessura deve ser sempre efetuada sem a adição de microesferas de vidro.
- Para o controle de espessura seca deverão ser utilizados os métodos da balança e do micrômetro sem a adição de microesferas de vidro à tinta.
- Após a aplicação da pintura, deverá ser adotado um procedimento que registre a data, o tipo de sinalização e os dados referentes ao tráfego, bem como a geometria do local, a fim de formar histórico e possibilitar futura avaliação de desempenho do material utilizado.

#### **Critérios de Medição e Aceitação de Serviços:**

- **Tipo:** Medição por metros quadrados aplicados.

**Condições gerais:**

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

