

SINALIZAÇÃO HORIZONTAL DE SEGURANÇA TIPO II – PLÁSTICO A FRIO

SINALIZAÇÃO HORIZONTAL DE SEGURANÇA TIPO II:

A Sinalização de Segurança Tipo II é caracterizada por apresentar-se na forma de Relevos (Multipontos, Spotflex ou Estrutura), que em episódios de chuva, devido a altura do relevo, mantém a retrorreflexão da pintura em seco e sob chuva. Caracterizam-se também por ser antiderrapantes e sonorizantes, tendo maior durabilidade que as pinturas tradicionais em função da durabilidade dos materiais e da maior espessura.

A sinalização horizontal de Segurança Tipo II em material termoplástico, deve atender aos seguintes requisitos principais:

- a. Apresentar visibilidade diurna (Qd);
- b. Apresentar visibilidade noturna com pavimento seco ou sob chuva (mcd/lx.m²);
- c. Ter coeficiente de atrito alto (SRT);
- d. Permitir a drenagem de água das chuvas;
- e. Ser um material de pintura durável e resistente;
- f. O material deve apresentar compatibilidade com o substrato dos pavimentos;
- g. Ter durabilidade;
- f. Ser aplicado por equipamentos que permitam a visibilidade sob chuva e neblina; e
- g. Apresentar sonorização quando aplicado nos bordos e ruído quando aplicado no eixo.

DESENVOLVIMENTO DA SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA TIPO II:

Na década de 1960 surgiram as pinturas a quente utilizando termoplásticos sintéticos à base de hidrocarboneto alifático. No Brasil, já na década de 1970, houve a introdução de uma derivação para termoplásticos à base de resinas naturais de origem vegetal – chamadas Breu.

O termoplástico é aplicado a quente, formando a camada de tinta por esfriamento, o que permite a elaboração de camadas mais espessas de material nas faixas.

Em 1982, a Alemanha e a França desenvolveram em conjunto, pesquisas e estudos para a realização de sinalizações em relevo. Foram ensaiados diversos materiais com diferentes sistemas de aplicação, que foram classificados em 5 grupos, sendo os resultados publicados em 1986.

Com o despertar da consciência ecológica foram pesquisados materiais que emitissem menos solventes para a atmosfera (que comprometem a camada de ozônio, que filtra os raios ultravioletas e provoca o "efeito estufa, e mesmo materiais com ausência quase total de solventes na formulação. Desta preocupação, surgiram as tintas denominadas "High Solid" (Alto Teor de Sólidos), as tintas emulsionadas em água, as bicomponentes e o Biline* - Plástico a Frio, elaborados a base de resina

reativa metilmetacrilato - MMA. Surge com grande sucesso o Plástico a Frio Bicomponente nas opções: "Estrutura", "Profile", "Spotflex" e "Big Beads", que inicialmente eram aplicados por processos manuais ou por pequenos equipamentos de extrusão e depois os chamados Plastomakers.

No final da década de 1990, são desenvolvidas as primeiras máquinas de aplicação mecânica de Plástico a Frio MMA por aspersão (Spray), com diferentes técnicas de mistura e homogeneização do endurecedor, que se materializaram em duas tecnologias – Sistema tipo 1:1 e depois 98+2.

As máquinas para aplicação de relevos também passaram por transformações e forma também desenvolvidas para a aplicação dos termoplásticos, tecnologias que se encontram ainda hoje em evolução.

Todos esses estudos e pesquisas, consolidaram dois conceitos essenciais em relação na sinalização horizontal:

- A elaboração de demarcações de relevo; e
- As demarcações antiderrapantes.

REQUISITOS PRINCIPAIS DE SINALIZAÇÃO HORIZONTAL:

A sinalização horizontal em relevo de Segurança Tipo II, devem atender aos princípios de:

a) Visibilidade Diurna:

Consiste no contraste apresentado pela pintura em relação ao pavimento, também nomeada como luminância. A unidade de medida de medida deste parâmetro é o Fator β (Beta), medido em (Qd).

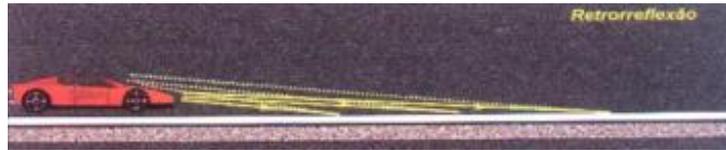
No Brasil, a determinação normativa quanto a sinalização ainda não estipula a medição de luminância, sendo determinado apenas o padrão de cor das pinturas.

b) Visibilidade Noturna:

Pode ser entendido como a luz retrorrefletida pela faixa de pintura quando há a incidência de um raio de luz. Esse fenômeno é possibilitado pela agregação de microesferas de vidro nas pinturas, sobre a camada de tinta ou agregado a ela, dependendo do caso. A unidade de medida de retrorrefletância é a milicandela luz por m² (mcd/lux.m²).

No caso de pinturas lisas, quando chove ficam apagadas devido o filme ser encoberto pela lâmina de água que se forma sobre a pista. No caso das pinturas em relevo, a altura do relevo faz com que a lâmina de água não se sobreponha à pintura, permitindo a visibilidade e o processo de retrorreflexão.

A pinturas de Segurança Tipo II – em relevo, refletem a luz dos veículos sob chuva e neblina porque parte das esferas de vidro ficam acima da lâmina de água que se forma sobre o pavimento.



Pista Seca – Pintura Lisa



Pista Molhada – Pintura Lisa



Pista Molhada – Pintura de Relevo

c) Resistência ao Deslizamento:

A Resistência ao Deslizamento corresponde ao atrito oferecido pela pintura em relação aos pneus dos veículos. Trata-se de um coeficiente medido e sua unidade de medida é o SRT (Static Rollover Threshold), que pode ser traduzido para o português como o Limite Estático para Tombamento Lateral. Indica a capacidade de os carros ficarem estáveis nas curvas e em freadas quanto ao escorregamento.

As pinturas lisas quando molhadas são, em geral, derrapantes, pois apresentam baixo SRT. Em alguns casos, quando são aplicados agregados antiderrapantes conjuntamente nas microesferas ou entre camadas de tinta quando em dupla aspersão, o SRT das tintas pode melhorar sensivelmente dependendo da quantidade de material utilizado.

Os sistemas de Sinalização de Segurança Tipo II aumentam a aderência da pintura visando maior segurança, especialmente quando o pavimento está molhado. As pinturas em relevo, por si, apresentam a características de ser antiderrapantes.

d) Drenagem de Água:

Os pavimentos podem ser executados com malhas abertas ou fechadas. Aqueles executados com malhas abertas têm a característica drenante, permitindo melhor escoamento da água, aumentando a segurança quando chove. As pinturas em relevo estão em sintonia com esses pavimentos pois:

- A água é escoada entre os relevos não sendo retida; e a água não é retida e não se forma lâmina sobre as faixas de sinalização;

- A pintura em relevo é durável e, portanto, não requer repinturas sucessivas como quando se utiliza materiais pouco duráveis.

SISTEMAS DE PINTURA NO BRASIL:

Os sistemas de pintura de sinalização podem ser classificados segundo as características de ser ecológicos, pelo tipo de formação do filme, pela espessura, pelo uso de material e tempo de secagem. Na tabela a seguir, são apresentados os principais tipos utilizados no Brasil. Além das características citadas na tabela, podem ser classificados ainda como duráveis e não duráveis, lisas e em relevo.

Solução	Ecológica	Formação do filme	Espessura (mm)		Kg/m ²	Tempo de secagem
			úmida	seca		
Acrílica com solvente	Não	Evaporação	0,6	0,42	0,89	30 min
Metacrílica com solvente	Não	Evaporação	0,6	0,42	0,94	30 min
Acrílica água	Sim	Evaporação e coalescência	0,5	0,4	0,85	15 min
Termoplástico aspersão	Sim	Esfriamento	-	1,5	3,0	1 min
Termoplástico extrusão	Sim	Esfriamento	-	3	6,0	2 min
Termoplástico relevo	Sim	Esfriamento	-	0 a 5,0	3,0 a 6,0	3 min
Plástico a frio aspersão	Sim	Reação química	-	0,6	1,0	20 min
Plástico a frio extrusão	Sim	Reação química	-	2,0	4,0	20 min
Plástico a frio relevo	Sim	Reação química	-	5,0	3,0 a 6,0	20 min

O MATERIAL PLÁSTICO A FRIO:

O material Plástico a Frio para demarcação viária é composto por resinas reativas à base de metilmetacrilato (PMMA). A natureza química do Plástico a Frio deve ser à base de resinas metacrílicas, pigmentos opacificantes e inertes, aditivos e agente endurecedor (em pó - estado físico sólido).

O Plástico a Frio é comercializado em dois estados - líquido "Tinta" e sólido/pó "Agente Endurecedor". Os componentes após a perfeita adição e homogeneização, através de uma reação química tridimensional, formam uma película ou relevo 100% sólida, sem evaporação de solventes, mantendo a espessura úmida igual à espessura seca.

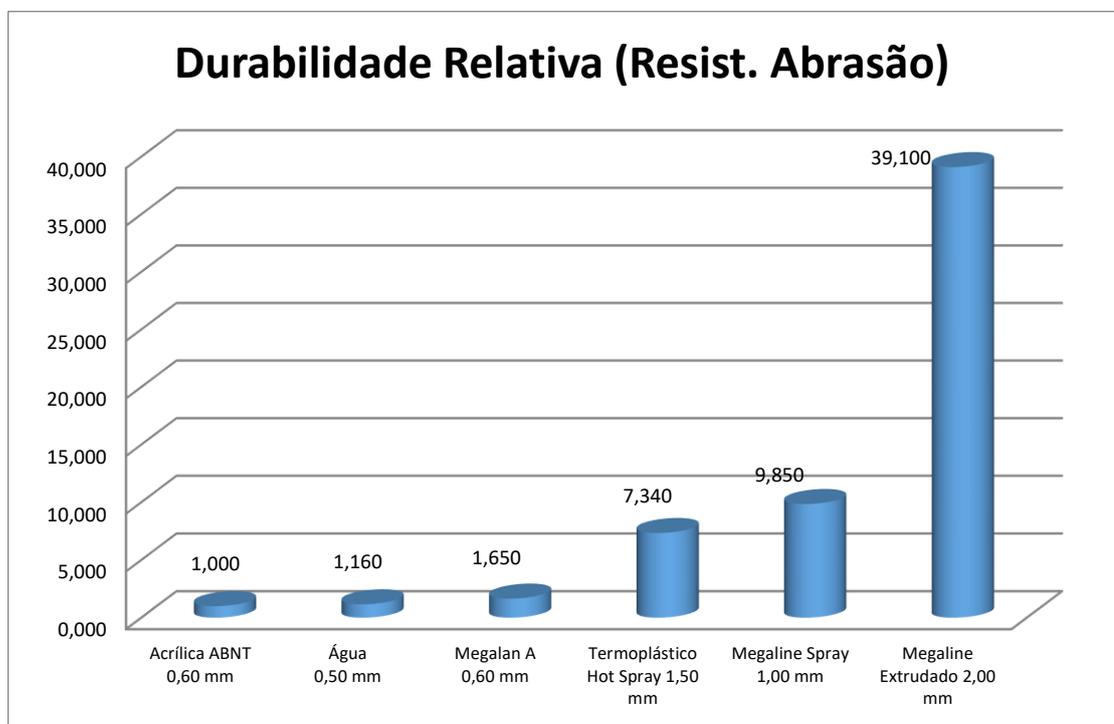
Os pigmentos do Plástico a Frio podem e devem satisfazer as exigências normativas de cor na escala Munsell. O Plástico a Frio não deve conter em sua estrutura química solventes orgânicos.

O filme ou relevo em Plástico a Frio se forma por reação química sem a evaporação de solventes. A mistura do componente líquido do Plástico a Frio - bi ou Tricomponente, com o endurecedor (BPO - Peróxido de Benzoíla), inicia e desenvolve em cadeia uma reação química exotérmica, na qual o material endurece formando um material termofixo.

A durabilidade do Plástico a Frio em relação a outros sistemas de sinalização é relativa e depende de diversos fatores como intensidade de tráfego (VDM), tipo de pavimento, composição do tráfego, entre outras. Todavia, quando ensaiados em laboratório para efeito estimativo, a relação de durabilidade entre o Plástico a Frio extrudado, aplicado com uma espessura de 2,00 mm de espessura, em relação a outros tipos de material utilizado para sinalização viária, apresenta os seguintes resultados:

MATERIAL COMPARADO	ESPESSURA	QUANTIDADE
• Tinta acrílica com Solvente padrão ABNT	0,6 mm (úmida)	40 vezes
• Termoplástico Aspersão "Hot Spray",	1,5 mm	6 vezes
• Termoplástico Extrudado	3,0 mm	3 vezes

Em relação a outros matérias utilizados comumente em sinalização viária, o Plástico a Frio apresenta as seguintes relações:



Aparência do Plástico a Frio:

O Plástico a Frio para sinalização viária pode ser produzido nas cores branco, amarelo, vermelho, azul e preto. Outras cores são possíveis de serem fabricadas por solicitação do cliente, desde que apresentada a especificação de acordo com a escala Pantone.

O Plástico a Frio é fornecido em latas metálicas (parte líquida) e em embalagens plásticas (Agente Endurecedor – BPO). Para o caso da aplicação do formato Spray, o BPO é fornecido no formato líquido e para as demais no formato pó. Ainda para o caso da aplicação Spray, o material pode ser fornecido na forma de Bi ou Tricomponente, de acordo com o tipo de equipamento e forma de aplicação – Bicomponente para a forma 98:2 e Tricomponente para a forma 1:1. Para todas as aplicações que não spray, o BPO utilizado é no formato em pó.

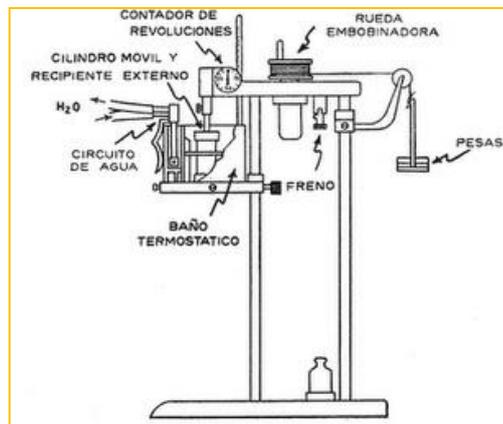
Após a abertura do recipiente do(s) componente(s) "líquido(s)", não deve apresentar endurecimento ou grumos. O Plástico a Frio não deve modificar suas características ou deteriorar-se quando armazenada por um período mínimo de seis meses, após a data de entrega. Todo material plástico a frio deve assegurar qualidade e integridade de cor, mesmo sob constante ação de raios ultravioleta e intemperismo natural.

Viscosidade do Plástico a Frio:

A viscosidade do Plástico a Frio é variável de acordo com a tipologia de aplicação. Para cada solução, existe uma viscosidade correta e esta é fundamental para o desempenho do sistema e da ancoragem das esferas ou microesferas de vidro e, conseqüente, do índice de retroreflexão da pintura.

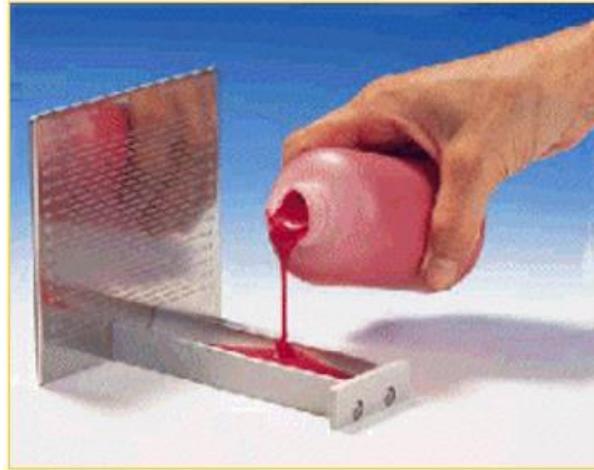
A viscosidade do Plástico a Frio é medida basicamente através de dois processos:

I - A medição da viscosidade do produto preparado para aplicação do tipo spray utiliza um equipamento denominado Viscosímetro Stormer, que resulta em medidas chamadas UK (unidade Krepes). O método de ensaio se baseia na determinação da carga em gramas necessário para produzir uma velocidade de 200 rpm em um motor com paleta submersa no produto.



Esquema de funcionamento e imagem do Viscosímetro Stormer

II - O Plástico a Frio para as demais formas de aplicação (espatulado, extrudado, "Profile", "Estrutura"), são medidos com a utilização de um equipamento manual de escala chamado "Daniel Flow" que contém um reservatório padrão onde o material é depositado e uma escala graduada. Após cheio o reservatório, o equipamento é levantado verticalmente de forma que o material escoe sobre a escala graduada. Depois de determinado tempo, verifica-se quanto houve de escoamento sobre a base graduada. O nível obtido na escala determina o grau de viscosidade do material.



Imagens do equipamento de análise de viscosidade "Daniel Flow"

Característica de Odor e toxicidade:

O odor do Plástico a frio, embora característico devido aos materiais que o compõem, não deve causar desconforto ao aplicador, que não sejam remediadas pelo uso de Equipamentos de Proteção individual - EPI. Eventuais características de toxicidade devem estar claramente expressas na embalagem e na Ficha Técnica do produto, de acordo com a legislação vigente.

Peso específico do Plástico a Frio:

O Plástico a Frio tem um peso específico de aproximadamente $2,0 \text{ kg/dm}^3$ nos sistemas de composição 98+2 por cento (Bicomponente), o que significa cerca de $1,6 \text{ kg/dm}^3$, na aspersão 1:1 (Tricomponente). Nos demais tipos de aplicações que não o formato Spray, o consumo teórico em kg/m^2 aplicado é de:

- Aplicação Spray com 1,00 mm de espessura de filme – (Consumo de $1,60 \text{ kg/m}^2$);
- Aplicação Extrudado com 2,00 mm de espessura de filme – (Consumo de $4,00 \text{ kg/m}^2$);
- Aplicação Relevô Dispersão "Estrutura" com 0 a 5mm de espessura - Consumo médio de $3,00 \text{ kg/m}^2$;
- Aplicação Relevô Injeção "Spotflex" com 0 a 5mm de espessura - Consumo médio de $3,00 \text{ kg/m}^2$;
- Aplicação Relevô Injeção tipo "Taco" com 0 a 5mm de espessura - Consumo médio de $3,00 \text{ kg/m}^2$;
- Aplicação Relevô Extrusão "Profile" com 5mm de espessura de relevô - Consumo médio de $6,00 \text{ kg/m}^2$;

TIPO DE APLICAÇÃO	ESPESSURA DO FILME / RELEVO (mm)	CONSUMO MÉDIO RECOMENDADO (kg/m ²)
ROLO MANUAL	Variável	Variável
SPRAY	1,00	1,60
EXTRUDADO	2,00	4,00
ESTRUTURA	0 a 5,00	3,00
SPOTFLEX	0 a 5,00	3,00
PROFILE	1,50 a 5,00 (Relevo)	5,00 a 6,00

Liberação de calor:

A reação química dos componentes do Plástico a Frio, após a adição do Agente Endurecedor libera calor ao reagir, sendo proporcionalmente pequena a liberação, dada a pequena quantidade aplicada por m². A temperatura da reação é ligeiramente superior à do pavimento no momento da aplicação.

Ao contrário das tintas que utilizam solvente em sua composição, para o Plástico a Frio, a relação entre a espessura úmida e a seca do filme aplicado é sempre igual, pois não há evaporação de solvente.

O Plástico a Frio em relação ao meio ambiente:

Considerando que o filme se forma por reação química sem a liberação de solvente na atmosfera, não há perda de espessura do material. Assim, é um produto ecológico com ausência de solventes ou poluentes que não contamina o meio ambiente. O plástico a frio não contém em sua estrutura química solventes orgânicos.

Preparação do pavimento para aplicação do Plástico a Frio:

O Plástico a Frio pode ser aplicado sobre superfície de revestimento asfáltico ou de concreto de cimento Portland. Em revestimentos novos, deve ser respeitado seu período de cura para aplicação da sinalização.

A superfície a ser demarcada deve se apresentar seca, livre de sujeira, óleos, graxas ou quaisquer outros materiais que possam prejudicar a aderência do plástico a frio. Para substratos novos de concreto, deve-se remover a película de cura (Curing) e quaisquer contaminantes e/ou materiais estranhos que possam prejudicar a aderência do sistema. Sobre o concreto limpo, seco e livre de sujeira, óleos, graxas e quaisquer materiais que possam prejudicar a aderência, deve-se aplicar o primer antes da aplicação da sinalização horizontal.

O Plástico a Frio apresenta compatibilidade sobre tintas de mesma natureza química, tais como acrílicas ou metacrílicas base de solvente, acrílica base água ou Plástico a Frio. De uma forma geral o Plástico a Frio não deve ser aplicado sobre termoplásticos, visto que são de famílias químicas diferentes – trata-

se de um termofixo e os termoplásticos, como o nome indica, são plásticos, amolecem e se deformam com a presença de calor.

Condições de aplicação:

O Plástico a Frio deve estar apto a ser aplicado nas seguintes condições:

- a) Temperatura do ambiente entre 5°C e 45°C;
- b) Umidade relativa do ar até 80 %;
- c) Temperatura do pavimento deve estar 3°C acima do Ponto de Orvalho (ver Tabela a seguir), e desde que não esteja chovendo.

Nota Exemplificativa: Para aplicar a tabela pode-se utilizar os seguintes dados: supondo que a temperatura ambiente seja igual a 25°C e umidade relativa do ar igual a 75%, o Ponto de Orvalho será de 20°C.

Temperatura ambiente °C	Umidade relativa do ar													
	10 %	20 %	30 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	65 %	70 %	75 %	80 %	85 %	
5	-23	-15	-11	-7		-5		-2		0		2		
6	-23	-15	-10	-7	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	
7	-22	-14	-9	-6		-3		0		2		4		
8	-22	-14	-9	-5	-3	-2	0	1	2	3	4	5	6	
9	-21	-13	-8	-4		-1		2		4		6		
10	-19	-11	-7	-3	-1	0	1	3	4	5	6	7	8	
11	-20	-11	-6	-2		1		4		6		8		
12	-19	-10	-5	-1	0	2	3	4	6	7	8	9	10	
13	-18	-9	-4	0		3		5		8		10		
14	-17	-9	-3	1	2	4	5	6	8	9	10	11	12	
15	-16	-7	-3	1	3	5	6	7	9	10	11	12	13	
16	-16	-7	-2	2	4	6	7	8	9	11	12	13	14	
17	-15	-6	-1	3	5	6	8	9	10	11	13	14	15	
18	-14	-5	0	4	6	7	9	10	11	12	13	15	15	
19	-13	-5	1	5	7	8	10	11	12	13	14	15	16	
20	-12	-4	1	5	8	9	11	12	13	14	15	16	17	
21	-12	-3	3	7	9	10	12	13	14	15	16	17	18	
22	-11	-2	4	8	10	11	13	14	15	16	17	18	19	
23	-10	-1	5	9	10	12	13	15	16	17	18	19	20	
24	-10	0	5	10	11	13	14	16	17	18	19	20	21	
25	-9	1	6	10	12	14	15	17	18	19	20	21	22	
26	-8	1	7	11	13	15	16	18	19	20	21	22	23	
27	-7	2	8	12	14	16	17	19	20	21	22	23	24	
28	-7	3	9	13	15	17	18	19	21	22	23	24	25	
29	-6	4	10	14	16	18	19	20	22	23	24	25	26	
30	-6	3	10	14	17	18	20	21	24	24	25	26	27	
31														
32					19	20	22	23	25	26	27	28	29	
33														
34					20	22	24	25	27	28	29	30	31	
35	-2	8	14	18		22		25		28		31		
36					22	24	26	27	28	30	31	32	33	
37														
38					24	26	27	29	30	32	33	34	35	
39														
40	1	11	18	23	26	28	29	31	32	33	35	36	37	

Processos de aplicação do Plástico a Frio:

O Plástico a Frio pode ser aplicado pelos processos manual ou mecânico. Dentre os processos manuais estão a aplicação por rolo, o espatulamento e a utilização de equipamentos de extrusão manual (Plastomarker). Dentre as mecânicas estão as aplicações por aspersão (Spray), que são lisas como a extrusão e as aplicações em alto relevo.

A - Aplicações lisas de Plástico a Frio em sinalização viária:

- **Espatulado:**

- a) Manual: para lombadas, símbolos, setas e legendas.

- **Por Aspersão (Spray):**

- a) Mecânica: para faixas planas longitudinais;

- b) Manual: para faixas planas transversais e símbolos e legendas;

- c) Manual ou mecânica: aspersão grandes esferas (big beads / faixas e símbolos).

- **Por Extrusão:**

- a) Mecânica: para faixas planas longitudinais – eixos e bordos;

- b) Manual: para faixas planas longitudinais, zebrados transversais, símbolos e legendas.

B - Aplicações em Alto Relevo de Plástico a Frio em sinalização viária:

- **Por Dispersão (Estrutura):**

- a) Mecânica: para faixas longitudinais – eixos e bordos;

- b) Manual: para faixas longitudinais, faixas de travessia de pedestres, retenções e setas.

- **Por Injeção (Spotflex):**

- a) Mecânica: para faixas longitudinais – eixos e bordos - sonorizantes;

- **Por Injeção (Tacos):**

- a) Mecânica: para faixas longitudinais – bordos sonorizantes.



- **Por Extrusão (Profile):**

- a) Mecânica: para faixas longitudinais – bordos sonorizantes;
- b) Manual: para faixas longitudinais (AVI) e transversais (LERV).

PLÁSTICO A FRIO APLICADO EM ALTO RELEVO:

As demarcações convencionais quando molhadas são lisas, podendo ficar encobertas pela lâmina d'água em caso de chuvas mais intensas e/ou sob situações de neblina, podendo causar acidentes por falta de visibilidade. As pinturas em alto Relevo – denominadas Segurança Tipo II visam melhorar a segurança, tanto nos pavimentos flexíveis quanto rígidos, ficando os relevos acima do nível da lâmina de água, continuando a ser visíveis e refletindo a luz dos veículos.

O formato de relevos – quer seja na forma de estrutura ou calotas, permite que a sinalização seja do tipo drenante, facilitando o escoamento da água das chuvas e evitando retenções sobre a pista, que causam lençóis de água sobre o pavimento e que podem provocar “aquaplanagem”. Por sua característica de relevos, as pinturas no sistema de aplicação Estrutura e Spotflex/Tacos são também antiderrapantes. A aplicação em Tacos é ainda sonorizante para aplicação em bordos, como forma de alertar os motoristas que porventura saiam da pista. Embora seja de relevos sonorizantes, a aplicação do tipo Profile, não é drenante.

Os sistemas de sinalização de pavimentos de Segurança em Relevo - Tipo II em Plástico a Frio são obtidos pela aplicação na forma de injeção, que gera calotas espaçadas e intercaladas. A aplicação tipo Estrutura é obtido pela aplicação no formato dispersão. As sinalizações de relevo de Segurança Tipo II são retrorrefletivas devido a incorporação por espargimento mecânico de microesferas de vidro tratadas com silanos sobre a pintura no ato da aplicação. A incorporação de microesferas de vidro tratadas com silanos deve se dar na proporção de 200 a 400 gramas/m² de pintura.

Pinturas de Contraste:

Sempre que houver insuficiência de contraste entre as cores do pavimento e do Plástico a Frio, especialmente no caso de pavimentos de concreto, as faixas demarcatórias devem receber previamente pintura de contraste sobre toda a área a ser pintada com excesso lateral na proporção demandada em projeto ou conforme estipulado pela fiscalização, com o intuito de proporcionar melhor visibilidade diurna das faixas. A pintura de contraste deve ser elaborada de forma a apresentar as condições de visibilidade. Para efeito de se promover a correta compatibilidade com o Plástico a Frio, recomenda-se o uso de materiais de mesma natureza química, tais como tintas a base de resinas metacrílicas no formato Spray ou tinta Metacrílica Monocomponente.

Equipamentos de Aplicação:

Os equipamentos mecanizados para pintura em Plástico a Frio Bicomponente nos formatos de alto relevo – Segurança Tipo II, em geral, são equipamentos especiais pneumáticos para aplicação de



material bicomponente. Tais equipamentos devem conter tanques independentes e separados para as cores branco e amarelo, com controle automático da mistura do Agente Endurecedor (BPO). A mistura do endurecedor se dá na saída das pistolas e a pistola contém sistema de limpeza automática com descarga de solvente. A regulagem da mistura no equipamento deve ser adequada para que os volumes liberados pelos bicos da pistola (em cada componente) garantam a proporções corretas do Agente Endurecedor.

Preparação do material para utilização no equipamento:

O Plástico a Frio é fornecido pronto para ser aplicado. Todavia, em função de manutenção em depósito e do transporte, deve ser homogeneizado por haste acoplada em furadeira antes da colocação do produto nos tanques do equipamento. Os tanques do equipamento também devem conter sistema de haste homogeneizadora para bater o material antes e durante a aplicação.

Recomenda-se que o material quando não utilizado, nunca deve permanecer por mais de 24 h dentro do tanque do equipamento de aplicação. O Plástico a Frio já contém em sua composição microesferas de vidro na quantidade ideal. Assim, não deve ser incorporado microesferas de vidro nos tanques do equipamento.

Aplicação do Plástico a Frio:

Os serviços de aplicação de Sinalização de Segurança Tipo II, só podem ser iniciados após instalação de todos os elementos para uma sinalização de obra adequada a cada local de serviço. Estes elementos devem atender as exigências normativas da entidade contratante, bem como do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), e/ou dos manuais de sinalização do órgão responsável pela via.

O Plástico a Frio é adequado para aplicação em superfícies betuminosas ou de concreto de cimento Portland. Todavia, devem ser tomados os cuidados necessários para a aplicação, tais como:

- a) Aplicação em temperatura entre 10° C e 35° C;
- b) Umidade relativa do ar até 80%;
- c) Pavimento sem umidade;
- d) Substrato limpo e livre de contaminantes;
- e) Quando em concreto de cimento Portland, que este esteja curado e com o *Curing* removido;
- f) Quando em pavimento de cimento asfáltico, que este esteja curado e sem exsudação de componentes;
- g) Compatibilidade com pintura anterior quando sobreposto;

O Plástico a Frio deve ser aplicado na quantidade, na espessura ou nas condições próprias do tipo de aplicação especificada. A sinalização efetuada com Plástico a Frio deve ser suscetível de



rejuvenescimento, mediante aplicação de nova camada, do mesmo material ou de outro produto, desde que o produto a ser aplicado tenha uma natureza química compatível com o Plástico a Frio, como: tintas acrílicas e metacrílicas à base de solventes ou tintas acrílicas emulsionadas em água.

Os serviços efetuados com Plástico a Frio para Sinalização de Segurança Tipo II, assim como nas demais sinalizações, deve possibilitar a liberação do tráfego no período de tempo de 15 a 30 minutos, conforme a forma de aplicação, a temperatura ambiente e do pavimento.

O Plástico a Frio aplicado em relevo, além de se constituir em Sinalização de Segurança Tipo II, por sua própria natureza são antiderrapantes - relevos "Estrutura" e "Spotflex" e "tacos". Nas outras formas de aplicação, pode ser aspergido agregado antiderrapante ou incorporado entre camadas, como na solução Spray de dupla aspersão de tinta, o que os torna também antiderrapantes.

Condições de armazenamento e transporte:

O Plástico a Frio deve ser armazenado em locais ventilados, não diretamente no solo, longe do sol e de fontes de ignição, bem como em temperaturas entre 10°C à 35°C. O empilhamento das latas deve seguir as especificações do fabricante e o Agente Endurecedor deve ser armazenado distante da tinta em qualquer hipótese de tipologia.

O Plástico a Frio deve ser transportado em veículos fechados e com indicação da tipologia de material conforme Resolução da Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT. A identificação das unidades de transporte é feita por elementos identificadores chamados de rótulos de risco e painéis de segurança, os quais apresentam as informações contidas nas colunas da Relação de Produtos Perigosos, Capítulo 3.2.4 da Resolução ANTT nº 420/04. Devem ainda ser seguidos os artigos 2º, 36 e inciso X do artigo 38 do Decreto 96044/88; as alíneas "d" e "g" do art. 43, inciso VI do art. 49 do Decreto 98973/90, o item 5.2.2.2.2 e o Capítulo 5.3 da citada Resolução, que dispõem sobre o modo de fixação, tipos, condições de uso dos rótulos de risco e painéis de segurança, bem como, sobre as responsabilidades dos intervenientes.

COMPATIBILIDADE DO PLÁSTICO A FRIO:

O Plástico a Frio para sinalização viária apresenta características inerentes as propriedades do material, que por vezes, tem de ser corrigidas no processo de aplicação, com vistas a uma melhor permanência e durabilidade da pintura. Uma das mais importantes características a serem observadas é a compatibilidade do material com os substratos e com eventuais pinturas existentes. Em geral, o Plástico a Frio apresenta boa compatibilidade com os substratos de pavimentos em cimento asfáltico e Portland. Todavia, os seguintes cuidados devem ser tomados antes da aplicação:

a) Com substratos (para casos de primeira demarcação):

- Pavimentos flexíveis fechados ou abertos em asfalto:

Apresentam ótima aderência desde que o período de cura e compactação do substrato do pavimento já tenha decorrido e o pavimento se apresente bem seco e limpo de sujeiras superficiais e materiais exsudados;

- Pavimentos rígidos:

Em concreto Portland novos – é necessária a remoção do "Curing", análise da porosidade e alcalinidade. Eventualmente, pode ser necessária a correção e aplicação de promotor de aderência (que por vezes, pode servir de faixa de contraste);

- Pavimentos Flexíveis em Concreto tipo blocos intertravados:

As camadas de alta espessura aplicadas pelo sistema de extrusão ou de relevo, em geral não são adequadas e compatíveis. A aplicação do tipo aspersão spray, pode ser utilizada, desde que tomados os mesmos cuidados que a aplicação em pavimentos rígidos.

b) Sobre pinturas existentes (Repintura):

Em qualquer caso de aplicação de Plástico a Frio sobre pinturas existentes, é importante verificar se a demarcação existente está bem aderida ao pavimento, se já ocorreram diversas repinturas e se existe risco de deslocamento.

O Plástico a Frio é perfeitamente compatível entre si, ou seja, sobre pinturas anteriores no mesmo material a base de MMA. Se comporta bem sobre as pinturas acrílicas ou metacrílicas com solventes aromáticos ou acrílicas emulsionadas em água.

Não é recomendada a aplicação de Plástico a Frio sobre nenhum tipo de termoplástico, visto que a natureza dos materiais é totalmente oposta – os termoplásticos são, como a nomenclatura determina, plásticos mediante a imposição de calor (inclusive do ambiente), e o Plástico a Frio é um termofixo, ou seja, decorre de uma reação química exotérmica (com geração de calor), mas finda a reação, resulta num termofixo. A aplicação do termoplástico sobre o Plástico a Frio não tem inconvenientes, mas o oposto não é compatível, visto que o trabalho dos materiais, são opostos. O Plástico a Frio também não deve ser aplicado sobre laminado elastoplástico, visto que os materiais de composição de cada um vêm de famílias químicas diferenciadas e incompatíveis quimicamente.

Não devem ser desconsiderados também outras características relacionadas ao comprometimento em relação à durabilidade e eficiência da demarcação, com defeitos na aplicação - estes podem ser classificados como severos, moderados ou leves. Os defeitos podem ser decorrentes do material utilizado e/ou dos procedimentos de aplicação. Alguns defeitos decorrentes do processo de aplicação são:

a) **Aplicação com espessura do filme inferior ao especificado** – Para não prejudicar a durabilidade e o recobrimento do pavimento, a aplicação de filme com Plástico a Frio no

formato Spray deve ter espessura especificado de acordo com o projeto/ norma ou especificação do contrato. Especialmente no caso da aplicação por aspersão, recomenda-se a utilização de dupla camada com incorporação de agregado antiderrapante entre as camadas, que além de conferir maior durabilidade e resistência, irá tornar a pintura antiderrapante. O uso de agregado antiderrapante não compromete a retenção de microesferas;

b) **Aplicação com largura de faixa inferior ao especificado** - A largura da faixa de sinalização a ser demarcada deve ser determinada em função do projeto específico e/ou da composição da tipologia de tráfego e velocidade diretriz da via. Quando a largura é inferior ao necessário/especificado compromete a visualização e a segurança da circulação viária;

c) **Aplicação realizada sobre pavimento com substrato não curado** – A aplicação sobre pavimentos novos deve aguardar a cura dos substratos dos pavimentos. Aplicação sobre pavimentos não curados comprometem a luminosidade das pinturas, contaminam e comprometem a aderência devido ao material asfáltico exsudado e sujam e prejudicam a ancoragem das microesferas, comprometendo a retrorrefletância;

d) **Aplicação realizada sobre pavimento sujo e com a presença de Curing** – O Plástico a Frio apresenta compatibilidade com pavimentos de cimento Portland, mas requer a aplicação de primer promotor de aderência (verniz). Para que não haja maior incompatibilidade, deve haver a remoção prévia do "Curing" antes de se aplicar sobre pavimentos novos. Para pavimentos novos de asfalto, além da cura, deve-se promover a limpeza de sujidades e materiais estranhos sobre o pavimento para não haver o deslocamento do material;

e) **Aplicação sobre pavimentos úmidos** -O Plástico a Frio é menos suscetível a umidade que os termoplásticos, mas não devem ser aplicados sobre pavimentos úmidos. O excesso de umidade pode provocar o deslocamento do material pela não adesão no momento que curam. Nem sempre a aparência de pavimento seco corresponde a essa situação – o calor gerado pela reação química da cura do material, traz a umidade que está intrínseca no pavimento. Aplicação sobre pavimentos úmidos resultam no deslocamento e soltura da demarcação viária e a consequente redução da durabilidade da demarcação;

f) **Incompatibilidade e deslocamento do Plástico a Frio aplicado sobre pavimentos de concreto em cimento Portland** – O material Plástico a Frio apresenta boa compatibilidade com pavimentos em concreto – rígidos e flexíveis como os blocos intertravados. No primeiro caso, há a necessidade, quando em pavimentos novos, que seja removido o "Curing" - produto adicionado ao concreto em base geralmente siliconada para evitar a perda de unidade no processo de cura, bem como que seja feito teste para verificação da alcalinidade. Após esse procedimento de remoção do *Curing*, deve haver a aplicação de primer promotor de aderência para se evitar o deslocamento. Em função da cor clara do pavimento, é normal a necessidade de se aplicar uma pintura de contraste na cor preta nas laterais da pintura, correspondente a, no mínimo, meia largura da faixa a ser pintada. Recomenda-se que a pintura de contraste seja da mesma tipologia ou com compatibilidade com o Plástico a Frio. A não remoção do *Curing* e a ausência de primer promotor de aderência podem promover o deslocamento da pintura;

g) **Aplicação na espessura incorreta** – Quando os equipamentos estão desregulados e/ou o material é de má qualidade, resultará no recobrimento insatisfatório do pavimento ou na não manutenção do formato dos relevos em Plástico a Frio. Problemas de ultrapassagem do tempo de aplicação útil (*Pot Life*), temperatura ambiente e do pavimento, e viscosidade do material na aplicação, interferem na formação e manutenção dos relevos; e

h) **Problemas de *Pot Life* e uso de Agente Endurecedor** – Problemas de temperatura do material, do pavimento e do ambiente, bem como o excesso ou falta de Agente Endurecedor podem gerar alterações no material e no tempo útil de aplicação (*Pot Life*). De acordo com as características do ambiente, da temperatura do pavimento e da umidade, deve haver alteração na quantidade de Agente Endurecedor a ser utilizado. O tempo útil de aplicação do material (*Pot Life*) deve ser respeitado, visto que mesmo que apresente ainda alguma viscosidade, não haverá a adesão do material ao substrato.

TIPOS DE APLICAÇÃO DO PLÁSTICO A FRIO:

O Plástico a Frio pode ser aplicados por diversos processos – aspersão (Spray), extrusão, dispersão, injeção e fixação por adesivação. Exceto os casos de aplicação por aspersão, todas as demais aplicações podem ser consideradas como sendo de alto relevo e os sistemas dispersão e injeção se caracterizam por ser Sinalização de Segurança Tipo II.

Os processos de aplicação por extrusão e dispersão podem se dar tanto de forma manual quanto pelo processo mecânico. Os processos de aspersão e injeção somente podem ser efetuados pelo processo mecânico. O processo de fixação por adesivação somente pode ser efetuado de forma manual.

Para a aplicação do Plástico a Frio, tanto no formato manual quanto mecânicos, requerem equipamentos específicos de aplicação para este tipo de material, conforme a seguir:

- **Processo de Extrusão e Dispersão manual:**

a) Equipamento móvel autopropelido dotado de sapatas ou dispersores, próprios para a aplicação de Plástico a Frio (Plastomarker), provido de dispenser para o material e microesferas de vidro – este equipamento pode fazer as aplicações tipo Extrudado liso, Profile e Estrutura;

b) Conjunto de sapatas para aplicação de Plástico a Frio por extrusão tipo Extrusão lisa;

c) Termômetros digitais e analógicos para controle de temperatura ambiente e de aplicação de material;

d) Dispositivos balizadores e de segurança viária;

e) Elementos para pré-marcação do pavimento, chapas de corte e gabaritos;

f) Conjunto manual para aplicação e distribuição de microesferas (espargidores) quando aplicação extrusão manual lisa.

*Quando necessária a remoção de material pré-existente, torna-se necessário também maçaricos, bужão de gás, raspadeiras, pás, enxada, ou fresadoras, bem como outros dispositivos de segurança e proteção dos trabalhadores.

- **Processo de Extrusão e Dispersão mecânica – Extrusão lisa, Estrutura e Profile:**

- a) Equipamento móvel dotado com tanques e sapatas aplicadoras de Plástico a Frio adequada a cada tipo de aplicação, provido de dispensadores de microesferas de vidro - este equipamento pode fazer as aplicações tipo Extrudado liso, Profile no formato extrusão e Estrutura no formato dispersão;
- b) Conjunto de sapatas mecânicas para aplicação de Plástico a Frio por extrusão e dispersão;
- c) Termômetros digitais e analógicos para controle de temperatura ambiente e de aplicação de material;
- d) Dispositivos balizadores e guias para direcionamento do equipamento aplicador durante a execução da demarcação;
- e) Elementos para pré-marcação do pavimento, chapas de corte e gabaritos;
- f) Conjunto mecânico de pistolas para aplicação e distribuição de microesferas (espargidores).

*Quando necessária a remoção de material pré-existente, torna-se necessário também maçaricos, bужão de gás, raspadeiras, pás, enxada, ou fresadoras, bem como outros dispositivos de segurança e proteção dos trabalhadores.

- **Processo de aplicação de Plástico a Frio pré-formado (Fixação por Adesivação):**

- a) Equipamento móvel de transporte de material e equipamento;
- b) Conjunto de ferramentas como raspadeiras, pás, espátula e outros;
- c) Termômetros digitais para controle de temperatura de aplicação de material;
- d) Dispositivos balizadores e guias para pré-marcação durante a execução da demarcação; e
- e) Elementos de isolamento de perímetro de segurança.

*Quando necessária a remoção de material pré-existente, torna-se necessário também maçaricos, bужão de gás, raspadeiras, pás, enxada, ou fresadora, bem como outros dispositivos de segurança e proteção dos trabalhadores.

DURABILIDADE:

O Plástico a Frio não pode ter sua durabilidade mensurada como as tintas aplicadas a frio, devido a alta espessura e dureza do material, mesmo no caso do Spray (1,0mm). O sistema tradicional de

medição utiliza um aparelho para determinação da resistência à abrasão - sistema de desgaste por abrasão com utilização de óxido de alumínio (medido em litros). No Brasil e no exterior, o Plástico a Frio é testado em equipamentos simuladores de desgaste - denominados carrossel, que mede o desgaste em milhões de ciclos.

O método de ensaio de durabilidade em carrossel se dá conforme a Norma da Comunidade Europeia em simulador de desgaste, onde placas com material é fixada no carrossel e rodas com pneus submetem o material a diferentes pressões e velocidades, simulando a realidade, que após milhões de ciclos do carrossel, simula um desgaste e apresenta o resultado de durabilidade conforme a Norma.



Simulador de desgaste tipo carrossel

A norma europeia classifica os materiais de sinalização horizontal em oito classes (P0 a P7 – medidos em milhões de ciclos), e os laboratórios emitem certificados de desempenho de acordo com o procedimento de cálculo para determinação do fator de desgaste em oito níveis e quatro situações distintas.

Fundamentalmente, o mais importante é definir qual o material e sistema que melhor irá atender a necessidade para cada caso de aplicação, ou seja, saber qual se adequa corretamente à necessidade de tráfego e durabilidade exigida. É aconselhável a escolha da solução de demarcação equilibrada com a duração e/ou solicitação do pavimento.

- Materiais menos duráveis como as tintas a frio, e mesmo no caso do termoplástico Hot Spray são recomendados em situações de menor solicitação de tráfego e/ou pavimentos com meia vida;
- Materiais duráveis como os termoplásticos extrudado e alto relevo, bem como o Plástico a Frio em alta espessura (todos exceto o tipo Spray), são recomendados em situações de grande desgaste e ou em pavimentos de longa durabilidade (flexíveis especiais ou rígidos).

Equipamentos de aplicação de Sinalização de Segurança Tipo II:

As operações visando a aplicação do Plástico a Frio em relevo envolvem equipamentos especiais e pessoal bem treinado, tanto para a aplicação mecânica quanto para a aplicação manual. Para a aplicação de Sinalização Horizontal de Segurança Tipo II, são necessários equipamentos específicos

para aplicação, sapatas especiais e outros elementos auxiliares para demarcação e execução satisfatória dos serviços. Os equipamentos de aplicação mecânica, em geral, contam com os seguintes componentes, podendo ser mais ou menos complexos, de acordo com os fabricantes.

Os equipamentos mais modernos e complexos devem conter tanques, unidade central de potência geradora de energia elétrica, pressão hidráulica e ar comprimido. Permitem a aplicação de material em ambos os lados do equipamento, tanto por aspersão, dispersão como por extrusão e injeção. As transferências de material entre os tanques e as pistolas/sapatas de aplicação são efetuadas automaticamente de forma estanque e segura. Todo o processo é comandado eletronicamente pelo painel de controle. Em geral, estes equipamentos são compostos por:

- Montado sobre veículo autopropulsor contendo recipientes com capacidade variável;
- Compressor com tanque pulmão de ar destinado à pressurização dos recipientes de Plástico a Frio e nos tanques de microesferas;
- Sistema constituído de dois recipientes para homogeneização do material - branco e amarelo, providos de agitadores com velocidade variável, e sistema de controle de injeção e mistura do Agente Endurecedor;
- Bombas para conduzir o material dos tanques até as pistolas/sapatas/dispersores de aplicação;
- Conjunto aplicador com pistolas/sapatas e dispersores próprios para Plástico a Frio, para aplicação na forma determinada, com possibilidade de aplicar em larguras variáveis;
- Pistolas espargidoras para aplicação e distribuição de microesferas com largura variável;
- Dispositivos de controle de aplicação (Painel de Controle), para aplicação contínua e intermitente para execução das linhas simples ou duplas de materiais utilizados para comando do conjunto de aplicação;
- Gerador de eletricidade para alimentação dos dispositivos de segurança e controle;
- Dispositivo balizador para direcionamento da unidade aplicadora durante a execução da demarcação.

Os equipamentos de Plástico a Frio para aplicação de Sinalização Horizontal de Segurança Tipo II mais modernos e sofisticados, devem permitir a execução de:

- Extrusão contínua com ressaltos para sonorização dos bordos (Profile);
- Extrusão mecânica na forma de Tacos sonorizantes individualizados sem base (Tacos);
- Injeção mecânica na forma de Relevos multipontos (Spotflex);
- Sapata com dispersores para aplicação no formato Estrutura; e
- Outros relevos diversos.

ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DO PLÁSTICO A FRIO:

A utilização do Plástico a Frio na forma de relevos na Sinalização Horizontal de Segurança Tipo II, apresenta pontos positivos e negativos que devem ser avaliados antes de decisão de utilização:

- **Vantagens:**

- ✓ Propiciam a redução de acidentes;
- ✓ Oferecem resistência ao deslizamento – São antiderrapantes e permitem a drenagem de água da pista;
- ✓ Tem retrorrefletância sob chuva ou neblina;
- ✓ Permitem a sonorização de bordos evitando saídas das pistas;
- ✓ Alta retrorrefletancia ao longo de toda a vida útil;
- ✓ Autolimpeza com o desgaste;
- ✓ Excelente aderência aos pavimentos flexíveis e rígidos;
- ✓ Variedade de composição de padrões de relevos;
- ✓ Versatilidade nas espessuras de aplicação;
- ✓ Maior durabilidade e resistência;
- ✓ Liberação de tráfego rapidamente logo após a aplicação;
- ✓ Trata-se de uma solução ecológica sem utilização de solventes; e
- ✓ Boa relação Custo Benefício - Qualidade/ Preço em longo prazo.

- **Desvantagens:**

Em alguns casos a aplicação de Plástico de Frio em relevo não é vantajosa para aplicação na forma de Sinalização Horizontal de Segurança Tipo II, devendo ser tomadas medidas paliativas ou opção por outros sistemas mais adequados. Como exemplo, podem ser citados:

- Em pavimentos de meia vida ou que necessitem intervenção a curto ou médio prazo, face ao custo inicial do material e sua durabilidade, que irá ultrapassar a do pavimento. Em longo prazo o custo do Plástico a Frio, em razão da durabilidade, o custo é inferior que outras alternativas, considerado número de intervenções durante o mesmo período e demais custos;
- Em pavimentos rígidos é necessária a prévia aplicação de um ligante para promover a adesão entre o concreto Portland e a pintura ("Tack Coat"); e
- Maior exigência técnica em equipamento e pessoal treinado;
- Maior investimento em equipamentos mais modernos e tecnologicamente mais adequados.