



**Departamento de
Estradas de Rodagem
do Estado do Paraná
DER/PR**

Avenida Iguaçu, 420,
Curitiba – Paraná
CEP 80.230-902
Fone: (41) 3304 8000
Fax: (41) 3304 8130
www.der.pr.gov.br

MELHORAMENTO NA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO

Manual de Segurança Rodoviária

Aprovado pelo Conselho Diretor em 31/10/2024

Deliberação n.º 391/2024

Este procedimento substitui o Capítulo 4 da Parte 2 do Manual de
Segurança Rodoviária, 1988 – DT.4.08.R.01

Autor: DER/PR (DOP/CETS)

10 páginas

SUMÁRIO

1	OBJETIVO	2
2	NORMAS E DOCUMENTOS ASSOCIADOS	2
3	ÂMBITO DE APLICAÇÃO	2
4	PROBLEMA	2
5	APLICAÇÃO.....	3
6	TRATAMENTO DE REGISTROS.....	10
7	ANEXOS	10

HISTÓRICO

Descrição	Documento	Vigência

1 OBJETIVO

Estabelecer a metodologia a ser utilizada em atividades relacionadas a melhoramentos na superfície de rolamento, de forma a proporcionar ganhos de qualidade e segurança na dirigibilidade da via.

2 NORMAS E DOCUMENTOS ASSOCIADOS

Os documentos identificados a seguir compõem a lista de referências bibliográficas citadas e podem compreender requisitos para a aplicação deste procedimento.

DNER, 1976. Boletim 526, Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Ministério dos Transportes.

DNIT, 2005. Manual de Conservação Rodoviária.

DNIT, 2006. Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos.

DNIT, 2010. Manual de Projetos e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias.

CNT, 2018. Acidentes rodoviários e infraestrutura.

3 ÂMBITO DE APLICAÇÃO

Este manual se aplica a procedimentos relativos a melhoramentos na superfície de rolamento das rodovias sob jurisdição do DER/PR.

4 PROBLEMA

A interação entre a superfície do pavimento e os pneus desempenha um papel crítico no controle e na capacidade de parada de um veículo. A área de contato de um pneu típico de um carro de passeio é do tamanho de uma mão, resultando em uma área total de contato entre o veículo e o pavimento consideravelmente pequena. No entanto, quando a aderência do pavimento é comprometida, uma camada superficial de água com apenas 0,02mm de espessura pode reduzir o atrito entre os pneus e o pavimento em até 75%. Essa condição pode ser desencadeada por uma chuva de 0,20mm ao longo de uma hora.

Quando as condições de suporte são inadequadas para o tráfego ou quando a idade do pavimento supera o período de vida útil, surgem os defeitos de pavimento que podem causar graves problemas quanto à segurança. Os mais graves entre estes são os defeitos isolados, principalmente as “panelas” e “afundamentos”. Da mesma forma o desgaste excessivo na superfície de rolamento pode provocar um “polimento” dessa superfície, ou ainda, perda de material pela ação do tráfego, ou ainda a “migração” do binder e movimento partículas de agregado diminuindo a resistência à derrapagem, para alguns tipos de pavimento mesmo antes que as condições de suporte estejam comprometidas. Isso também pode vir a se constituir em causa de problemas de segurança.

Por vezes a falta de resistência à derrapagem poderá advir de deficiências de execução, por exemplo, no caso da exsudação. Estes defeitos da superfície de rolamento são mais perigosos quanto maior for à velocidade de operação na rodovia, pois podem provocar perda de controle de veículo ao longo da rodovia e, como consequência, os sinistros de trânsito, principalmente dos tipos “frontal” (colisão e abalroamento longitudinal) e “veículos/só” (choques, capotamento, queda em abismo).

No caso das derrapagens nas manobras de frenagem advêm os sinistros de “colisão traseira” e de “abalroamento transversal”, estes principalmente nas áreas de acessos e interseções.

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos e o Manual de Conservação Rodoviária, do DNIT, trazem de forma complementar a este procedimento detalhes de avaliação das condições de resistência à derrapagem.

5 APLICAÇÃO

Um pavimento de qualidade superior deve ser capaz de resistir aos efeitos adversos das condições climáticas, permitindo um deslocamento suave, enquanto evita um desgaste excessivo dos pneus e minimiza os ruídos. Além disso, é crucial que o pavimento possua uma estrutura robusta, seja durável o suficiente para resistir ao desgaste, facilite o escoamento adequado das águas por meio de uma boa drenagem e apresente uma excelente resistência a derrapagens. O cumprimento eficaz desses atributos é fundamental para garantir a segurança e a qualidade das rodovias, com uma ênfase particular na resistência à derrapagem.

5.1 INCREMENTO DA RESISTÊNCIA À DERRAPAGEM

Em função da melhoria dos padrões rodoviários e da potência de desempenho dos veículos, as velocidades operacionais têm aumentado com passar do tempo, ao ponto de, no Paraná, o excesso de velocidade ter se intensificado como uma das causas presentes na maioria dos sinistros rodoviários muitas vezes porque a “rugosidade” da textura superficial do pavimento não propicia um coeficiente de atrito conveniente para as condições usuais da rodovia.

A ocorrência de derrapagens se dá quando a força de atrito existente entre os pneus e a superfície do rolamento se anula ou atinge níveis muito baixos. Isso pode acontecer devido a:

- Desgaste e polimento do pavimento: O tráfego contínuo sobre uma superfície pavimentada resulta no desgaste progressivo da camada superior, ou pode polir os

agregados expostos. Esse problema tem se agravado devido ao aumento do volume de tráfego, às velocidades elevadas e ao incremento de cargas pesadas que os pavimentos têm suportado. A resistência a essa ação de polimento varia consideravelmente, dependendo das propriedades dos agregados utilizados.

- Exsudação em pavimentos asfálticos: A aplicação excessiva ou inadequada de asfalto pode levar ao surgimento de uma camada superficial de asfalto devido à ação do tráfego ou a temperaturas elevadas.
- Formação de película de água entre pneus e pavimento: A drenagem ineficiente entre a superfície do pavimento e os pneus pode resultar na formação de uma película de água. Isso pode ser causado pela falta de textura adequada na superfície, seção transversal inadequada (falta de coroamento, sulcos deixados pelas rodas, etc.) ou padrão de ondulação inadequado nos pneus. Embora a formação dessa película tenha pouco efeito em baixas velocidades, à medida que a velocidade aumenta, ela reduz o contato entre os pneus e o pavimento, levando a uma diminuição da resistência à derrapagem e a um possível risco de aquaplanagem.
- Pavimentos sujos: Após longos períodos de seca, as primeiras chuvas podem misturar poeira, derramamentos ocasionais de óleo e outros materiais na superfície da rodovia, criando uma camada escorregadia. No entanto, este efeito diminui à medida que a chuva aumenta e a superfície do pavimento é lavada.

Na realidade, os sinistros de trânsito ocorridos nos locais de pista escorregadia são geralmente provenientes de uma combinação desses fatores em diferentes graus de participação.

A eliminação da água da área de contato entre o pneu e o pavimento requer um determinado tempo e esse tempo é fortemente influenciado tanto pela microtextura como pela macrotextura da superfície (microdrenagem).

- A macrotextura, juntamente com as ranhuras da banda de rodagem do pneu, tem por função permitir que a maior parte da água existente na zona dianteira da área de contato seja rapidamente drenada e,
- A microtextura atua de forma a romper a película de água remanescente na zona intermediária da área de contato, permitindo o contato direto entre o pneu e a superfície.

Para reduzir os riscos de aquaplanagem, é fundamental que os pavimentos sejam construídos ou renovados de maneira a garantir superfícies com alto coeficiente de atrito

entre o pavimento e os pneus, bem como a presença adequada de vazios na superfície para evitar o acúmulo de água entre o pavimento molhado e os pneus. Além disso, é imperativo garantir que essas qualidades sejam mantidas ao longo do tempo.

Em casos onde são frequentes ocorrências de sinistros de trânsito devido à derrapagem, uma análise minuciosa pode revelar a necessidade de implementar melhorias na inclinação da rodovia, sistema de drenagem, nível da estrada, perfil da estrada ou na qualidade da superfície do pavimento, a fim de reforçar a resistência à derrapagem.

Locais que apresentam uma alta incidência de sinistros de trânsito, especialmente em condições de pavimento molhado, devem passar por uma reavaliação abrangente, considerando fatores como geometria da estrada, deficiências na sinalização e na aderência do pavimento. Frequentemente, o recapeamento da superfície do pavimento, acompanhado por ajustes na inclinação em curvas e/ou modificações na sinalização, pode ter um impacto significativo na redução do número de sinistros de trânsito a longo prazo.

5.1.1 Concreto de Cimento Portland: Cuidados com a Execução de Novos Pavimentos

A resistência à abrasão do Concreto de Cimento Portland (CCP), que determina tanto a durabilidade do pavimento como o coeficiente de atrito da superfície do rolamento, é proporcional à resistência da superfície. Assim, as especificações de mistura que levam uma boa resistência do pavimento resultam normalmente em alta resistência à derrapagem e grande durabilidade.

Do ponto de vista da especificação da mistura deve-se atentar para que os agregados, tanto os miúdos quanto os graúdos, devem ser resistentes ao polimento, não devendo ser usados agregados calcários na camada superficial. Recomenda-se, ainda, empregar um concreto o mais seco possível, para evitar a formação de lama superficial.

A implementação de sulcos longitudinais nos pavimentos de concreto tem se mostrado altamente eficaz na redução do risco de deslizamento hidráulico. Embora possa ou não resultar em um aumento mensurável na resistência à derrapagem longitudinal, a presença desses sulcos proporciona uma certa resistência à perda de controle lateral do veículo causada pela derrapagem. Além dessa técnica, outras medidas corretivas que podem ser aplicadas em pavimentos de concreto incluem o recapeamento, que pode envolver a aplicação de uma camada asfáltica com granulometria aberta ou o uso de uma camada selante com material resistente à abrasão.

O Manual de Conservação Rodoviária (DNIT, 2005) no Anexo B.15 – ISC 15/04 – “Execução de Reparos nos Pavimentos de Concreto de Cimento Portland, Envolvendo o Tratamento e a Reconstituição Parcial da Placa” descreve a sistemática de execução

de reparos nos pavimentos de concreto de cimento Portland. Da mesma forma o Anexo B.16 ISC 16/04, descreve “Execução de Reparos nos Pavimentos de Concreto de Cimento Portland, Envolvendo a Reconstituição Total da Placa”.

5.1.2 Concreto Asfáltico: Cuidados na Execução de Novos Pavimentos

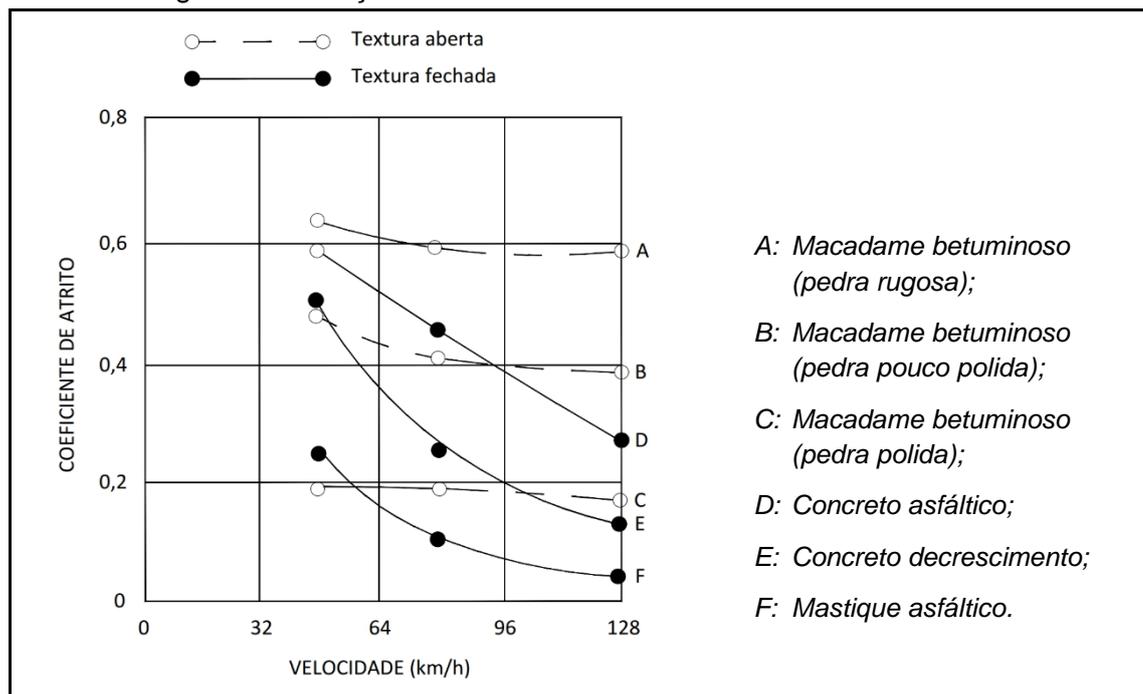
Para que tenha boa resistência à derrapagem é necessário que os concretos betuminosos tenham um alto coeficiente de atrito, condições de microdrenagem superficial e alta durabilidade.

Para garantir um alto coeficiente de atrito devem ser usados agregados de textura áspera e bordas pontiagudas de forma a proporcionar uma superfície de textura semelhante à de uma lixa.

Além disso, para se obter um coeficiente de atrito satisfatório deve-se procurar uma textura de superfície suficientemente aberta para permitir a expulsão da água superficial e, ao mesmo tempo, suficientemente fechada para conseguir um contato adequado do pneu-pista para a transmissão das forças de tração e frenagem.

Na figura 1, apresentada na sequência, observa-se o resultado da medição dos coeficientes de atrito de seis tipos distintos de pavimentos em que estes coeficientes sempre se reduzem com o incremento da velocidade de operação. Interessante é observar, no entanto, a maior redução do atrito no caso de pavimento de textura denominada fechada.

Figura 1 - Variação do Coeficiente de Atrito com a Velocidade.



Fonte: Adaptado de DNER, 1976.

Os termos textura fechada e aberta são usados por conveniência e costume. Não existe uma distinção exata, sendo que se encontra toda a gama de texturas intermediárias. É também comum o uso dos termos microrrugosidade (textura de lixa) e macrorrugosidade.

Em pista úmida, o atrito aumenta com a microrrugosidade, a velocidades baixas-médias, devido à melhor possibilidade de dispersão da partícula d'água entre pneu e a superfície mineral. Entretanto, a macrorrugosidade é importante, como se viu para o CCP, tanto à velocidade baixa, para a melhor drenagem superficial, com à velocidade alta, devido à dependência entre o atrito e a deformação por histerese do pneu.

O atrito máximo depende, portanto, de um certo equilíbrio entre a micro e macrorrugosidade. É também importante um número suficiente de projeções angulares, para a quebra completa da película d'água sobre a pista úmida e para a deformação necessária do pneumático. A esse respeito, convém discriminar entre pavimentos asfálticos abertos e fechados.

Em pavimentos asfálticos de textura aberta, onde o agregado graúdo predomina na área de contato pneu-pista, a microrrugosidade da superfície depende da irregularidade superficial das partículas graúdas e da resistência contra polimento destas. Além de ser resistente ao polimento, o agregado graúdo deve ser angular, sem, porém, ser cortante.

Misturas asfálticas fechadas, onde predomina a argamassa de agregado miúdo/filler/ligante, na área de contato pneu-pista, acusam frequentemente um valor de coeficiente de atrito muito baixo à alta velocidade. Nesse caso, é possível conseguir-se um atrito satisfatório pela cravação de agregado graúdo na superfície de mistura compactada, antes do endurecimento desta. É geralmente necessário pré-tratar este agregado por uma fina película betuminosa.

Quanto à durabilidade, devem-se utilizar agregados resistentes ao polimento e o grau e teor de asfalto devem recobrir e ligar adequadamente o agregado, porém, não para provocar a exsudação ou o seu derretimento devido à ação do tráfego e as condições atmosféricas.

Figura 2 – Capa de Granulometria Aberta.



Fonte: Projevias

As superfícies de pavimento em concreto asfáltico de granulometria aberta (figura 2) podem oferecer uma boa resistência de derrapagem em tempo molhado.

Das considerações expostas deve-se concluir que em um pavimento de atrito e refletividade adequados deve possuir tanto uma microrrugosidade como uma macrorrugosidade, deve ser clara e regular. Para se conseguir uma área o suficiente de contato pneu-pista e um número suficiente de arestas agudas, o agregado geralmente não deve ser maior que $\frac{3}{4}$. Em pavimentos asfálticos, a textura desejada pode ser obtida pela escolha da composição adequada da mistura ou pela superposição de agregados miúdo. É frequentemente necessário o emprego de misturas e de textura fechada na camada de rolamento, devido às exigências de impermeabilidade e durabilidade. Neste caso, há interesse em aumentar o coeficiente de atrito pela cravação de agregado graúdo na superfície durante a execução ou por um tratamento superficial posterior.

O tratamento superficial, infelizmente, tem caído no conceito de muitos técnicos rodoviários, devido a um grande número de insucessos no passado. Entretanto, é agora possível executar-se um tratamento superficial de alta qualidade para pistas de alta velocidade, graças a uma técnica bastante aperfeiçoada, contando com o melhor equipamento de distribuição de ligante e agregado; emprego de agregados de granulometria mais adequadas e emprego de agregado pré-tratado, que permita o uso de ligantes mais viscosos. Assim, pode ser praticamente eliminado o problema de rejeição de agregado solto.

Nos pavimentos betuminosos, o método geralmente utilizado para melhorar a textura da superfície consiste nos recapeamentos. O recapeamento com camadas asfálticas de

granulometria aberta é considerado bastante eficaz, devido às suas propriedades hidráulicas e de atrito, tendo encontrado franca acolhida.

Neste sentido, o tratamento superficial, além de ser o método mais econômico de conservação de um pavimento asfáltico, é também o mais eficiente para restaurar a rugosidade adequada.

Outro método adequado é a aplicação de capa selante com cascalhinho. As capas selantes com cascalhinho têm sido empregadas com sucesso para restaurar a resistência do pavimento às derrapagens.

5.2 TRATAMENTO DE DESCONTINUIDADE DA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO

5.2.1 Os Efeitos das Descontinuidades do Pavimento

Diversos são os motivos que levam ao desgaste e deformação precoce dos pavimentos de rodovias. Em alguns casos, é possível encontrar seções de rodovias com deformações como depressões em forma de "panelas", afundamentos, fissuras e outros tipos de danos.

Neste sentido o Manual de Conservação Rodoviária (DNIT, 2005) traz no anexo B.13, ISC 13/04 procedimentos para "Execução de Reparos de Falhas, Panelas e Buracos dos Pavimentos Betuminosos".

De todo modo, o efeito negativo destas irregularidades da superfície de rolamento sobre a aderência dos pneus à pista é largamente reconhecido. O perigo representado pelas ondulações pode causar a perda de direção do motorista sobre altas velocidades. Geralmente estas condições de insegurança são mais agudas quando a transição do trecho de superfície regular para o trecho danificado é feita de forma brusca e inadvertida.

Os perigos relacionados aos buracos diminuem quando o veículo se move em uma velocidade constante e dentro dos limites estabelecidos. No entanto, surgem problemas significativos quando o motorista reage de maneira inadequada à presença de deformações.

De acordo com a CNT – Confederação Nacional do Transporte, a má condição da superfície das rodovias, com a presença de afundamentos, ondulações e/ou buracos, contribui para a instabilidade do veículo e, conseqüentemente, para a dificuldade em mantê-lo na trajetória desejada, podendo, desse modo, gerar colisões devido à perda do controle do veículo. Em casos em que, ao desviar de um buraco ou sequência de buracos, o condutor conduz seu veículo à faixa de sentido contrário, favorecendo

significativamente a ocorrência de colisões frontais. Sendo assim, os defeitos e as irregularidades na condição da superfície do pavimento impactam diretamente o aumento do risco da ocorrência de sinistros de trânsito.

5.2.2 Métodos de Tratamentos para Reabilitação de Pavimentos

São inúmeros e variados os problemas que afetam os pavimentos. Cada problema apresenta certo número de causas possíveis e, para cada uma, pode existir mais de um método de reabilitação. Conforme o problema e sua causa, a reabilitação que se empreende pode ser relativamente simples e barata, ou pode implicar em reabilitação total, compreendendo o projeto e colocação de uma nova camada de material - o reforço (ou recapeamento) - ou até a reconstrução do pavimento (restauração).

O documento “Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos” do DNIT (2006), contém as práticas de técnicas atuais utilizadas na restauração de pavimentos e os procedimentos de projeto de reforço a serem aplicados no tratamento de pavimentos.

Da mesma forma o “Manual de Conservação Rodoviária” do DNIT (2005), trata das instruções de serviço, normas e padrões de desempenho das atividades de conservação rodoviária.

6 TRATAMENTO DE REGISTROS

O arquivamento dos processos ocorre com a conclusão do serviço, da seguinte maneira:

Local: Sistema de Protocolo Integrado – eProtocolo.

Forma: Arquivo eletrônico.

7 ANEXOS

Não se aplica.